GRANDES VOÛTES

GRANDES VOÛTES

PAR

Paul SÉJOURNÉ

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES
INGÉNIEUR EN CHEF DU SERVICE DE LA CONSTRUCTION
DE LA COMPAGNIE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE
PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

TOME III

1 PARTIE — VOÛTES INARTICULÉES

LIVRE 1. — DESCRIPTION DES PONTS QUI ONT OU AVAJENT DES VOÛTES INARTICULÉES DE 40th ET PLUS **DE PORT**ÉE (SUITE)

ARCS ASSEZ SURBAISSÉS ARCS TRÈS SURBAISSÉS

LIVRE II. — CE QUE L'EXPÉRIENCE ENSEIGNE DE SPÉCIAL AUX VOÛTES INARTICULÉES

BOURGES

IMPRIMERIE VVE TARDY-PIGELET ET FILS 45, RUE JOYEUSE, 45

1913

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Copyright by Paul Séjourné — 1913.

BILLEBORBERT SERREALAWRIN LECHMOTOGA CVBMEGIE IMBLICHTE OE CTELLYBA

AVERTISSEMENT 1

DIVISIONS DE L'OUVRAGE

CLASSEMENT DES PONTS EN SÉRIES ET DANS CHAQUE SÉRIE PAR DATE
TABLEAUX SYNOPTIQUES — MONOGRAPHIES

SUITE, DANS CHAQUE MONOGRAPHIE,

DE FIGURES, PLANCHES. PIIOTOGRAPHIES, I 'NVOIS, SOURCES.

DÉSIGNATION ABRÉGÉE DES MATÉRIAUX

UNITÉS AUXQUELLES ON RAPPORTE LES QUANTITÉS ET DÉPENSES

- 1. Divisions de l'ouvrage. Cet ouvrage est ainsi divisé :
- 1^{ro} Partie: Voûtes inarticulées². Ce sont les voûtes ordinaires, ainsi qualifiées par opposition aux voûtes articulées.
 - 2º Partie : Voûtes articulées.
 - 3º Partie : Ce que l'expérience enseigne de commun à toutes les voûtes.

Appendice: Pratique des voûtes. — Instructions pour projeter et construire. — Ouvrages courants, Viaducs..... — Répertoires. — Tables numériques.....

Dans les 1^{re} et 2^e Parties, sont décrits les ponts qui ont — ou qui avaient — des voûtes de 40^m et plus de portée.

2. Classement des Ponts en séries. — J'ai classé par intrados les voûtes inarticulées, par type d'articulation les voûtes articulées.

Ce classement sera détaillé et justifié plus loin.

- 3. Classement dans chaque série par date d'exécution. Dans chaque série, les ouvrages sont classés par date. On voit ainsi ce qui, dans un pont, est emprunté à un plus ancien.
- 4. Tableaux synoptiques. Monographies. Les dispositions comparables des ouvrages d'une série sont rapprochées dans des tableaux synoptiques : ainsi groupées, elles instruisent.
 - 1. déjà donné en tête des Tomes I et II.
 - 2. On les a quelquefois dites « encastrées » : à proprement parler, elles ne le sont pas. En histoire naturelle, ce qui n'a pas d'articulation est justement qualifié « inarticulé ».

Viennent ensuite les monographies de chaque ouvrage : on y trouvera ce qui lui est spécial, description, histoire, dessins, photographies.

Pour tous les ponts, on a donné une élévation à la même échelle, 2^{mm} , de l'arche ou des arches de 40^m et plus.

Autant qu'on l'a pu, en restant clair, on n'a donné qu'une seule fois chaque indication, soit dans les tableaux synoptiques, soit dans la monographie, soit dans les dessins.

5. Suite, dans chaque monographie, de figures, planches, photographies, renvois, sources. — Chaque ouvrage a sa suite:

de figures : f, f₂.....; de planches : Pl, Pl₂.....; de photographies : Φ, Φ₂.....; de renvois au bas des pages : 1, 2.....;

de sources : S_i , S_a indiquées à la fin de chaque monographie, quelquefois subdivisées : S_1' , S_1'' ,.......3.

6. Désignation abrégée des matériaux aux tableaux synoptiques et aux dessins

Bé	lon				В		
	•	employés en	blocage sans	préparation spéciale	MO		
			employés	à joints incertains	MOI		
Moellons	Moellons ordinaires		en parement	grossièrement disposés par assises horizontales.	МОН		
		avec sujétion)	employés en · voûte	méplats, lités, prolongeant, soit chaque lit de douelle, soit un lit sur 2, sur 3.	MOV		
Moellons	Moellons	»					
à facc rectangulaire,	ėquarris ⁴	taillés en voussoirs, lits pleins prolongeant exactemen ceux de douelle. Joints et face de queue en partie pleins.					
les 4 arêtes dans un	Moellons	Dimensions	imensions				
môme plan	d'appareil ⁵	imposées	taillés en	MAV			
. Lil	oages	Pierre de taille de grand appareil grossièrement équarrie.					
	erre taille	Blocs appareillés sur les 6 faces. Toutes les dimensions imposées.					
Briques							

^{3. -} On peut ainsi contrôler et apprécier les renseignements donnés.

 ^{4. —} Synonyme : Moellons tétués.
 5. — Synonyme : Moellons smillés.

7. Unités adoptées pour comparer les quantités et dépenses.

A. Cintres. Dans la colonne 14 des Tableaux synoptiques, on a rapporté le cube de bois, le poids de fer et la dépense, au mêtre carrê de douelle d'une voûte V' à tympans verticaux, exigeant le même cintre.

La largeur uniforme de V'est celle de la voûte considérée :



nu joint à 60° de la verticule pour les pleins cintres, les ellipses et les arcs de plus de 120°;

nus mussances, pour les ares de moins de 120°;

c'est à dire, pour toutes les vontes, au joint à partir duquel les voussoirs ressent de pouvoir être soutenns en taisant simplement déhorder les couchis

Gomme il convient que les vanx se prolongent jusqu'n l'augle de 7a', on a pris pour surface de donelle celle de la voûte theorique V

a partir des angles de %r pour les ellipses, pleurs cuitres, ares de verche de plus de 150° , a partir des anissances pour les ares de vercle surbaisses de mons de 150°

```
H_{i} = Uni \ proper_{i} . The surface effects \hat{n} by circulation, S_{i} est be product. So \left(\frac{1}{2}\right)^{2} = \left
```

S, mesure l'utilité de l'ouvrage

Soit S, la surface vue d'elevation entre la voie portee, les nous en ade ou quarts de cône et le terrain naturel .

To consulere be volume W . S. . It arrent disposable entire parapeter

C'est le volume d'un mair plein nyint même surface d'élevation sur et même largeur utile que l'ouvrage. Convenous de l'appeler le volume » utile »

Sment Q et 11 le cube de uniconnerie de l'auvrage et en depense.

- Q. S_p est le cube de imagamerie à mortier par in q de surface horizontale atile. C'est l'épaisseur d'une dalle en não, ormerie de même cube que l'ouvrige et qui nurait même longueur et même largeur utile.
 - $Q \cap W$ est le cube de nonçonnerse a mortier, par me ce de volume e utile s
 - 1) Spest le prix du maquele surface offerte à la circulation
 - D. West le prix du mere de volume autile a

l'ontes ces quantites sont données à la colonne 18 des Tuldeaux synoptopies

Quand les foudations sont tres au dessus de la vallee, on a donné de plus les rapports U(W), W

Williams, much e d'elevation au levaus étés toulations. Le 1 mieux disposible entre parapets

We est le volume a utilie à un dessira des fondutions.

Î 1

1re PARTIE

VOÛTES INARTICULÉES

(SUITE)

PRETAMINATES

GROUPFMENT EN SERIES DES PONTS À VOUTES INARTICULEES

THYREE T

DESCRIPTION DES PONTS

QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES

DE 40° ET PLUS DE PORTÉE

181 11Er

LIVRE H

CE QUE L'EXPÉRIENCE ENSEIGNE DE SPECIAL AUX VOUTES INABTIQUÉES

· .

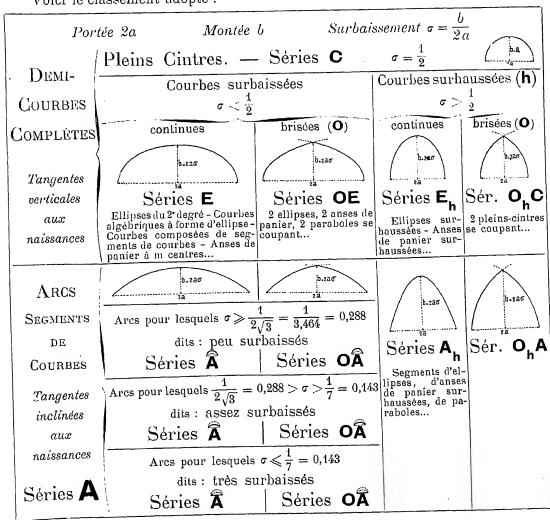
PRÉLIMINAIRES'

GROUPEMENT EN SÉRIES DES PONTS A VOÛTES INARTICULÉES SÉRIES PAR INTRADOS — SYMBOLES

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE ET PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SÈRIES PAR VOIE PORTÈE — PONTS EN DEUX ANNEAUX

ponts ayant une voûte ou des voûtes de 40^{m} ou plus de portée exemples : sens de quelques symboles

- 1. Groupement en séries des ponts à voûtes inarticulées. On a rapproché, dans les mêmes séries, les Ponts qui ont les mêmes caractères principaux : intrados, une seule grande arche ou plusieurs grandes arches, voie portée.
- 2. Séries par intrados. Symboles. Le caractère dominateur, celui qui classe tout d'abord les voûtes inarticulées, c'est la forme de l'intrados. Voici le classement adopté :



1. - Les mêmes qu'en tête des Tomes I et II.

 $3.\,$ Ponts à une seule grande arche et ponts à plusieurs grandes . arches. — On traite de façon fort différente un ouvrage à une seule grande arche ou à plusieurs grandes arches.

De plus, la surcharge ne déforme pas également une voûte unique retoinbant sur deux culées et la même voûte buttant contre deux piles.

On a donc distingué les ponts à une seule grande arche : C, E, A, A, A, ... et les ponts à plusieurs : Cⁿ, Eⁿ, A

, A

, A

, A

,

4. Séries par voie portée. — Le travail des voûtes, par conséquent leur épaisseur, dépend de ce qui passe dessus.

On distinguera donc:

les Ponts-route : Crie, Erte, Arte,....

les Ponts sous chemin de fer à voie normale : CFr, EFr, AFr,

les Ponts sous chemin de fer à voie étroite : Cfr, Efr, Afr,....

les Ponts-aqueducs: Caq, Eaq,....

5. Ponts en deux anneaux. — Par économie, on a récemment, pour de larges ponts de ville, porté la chaussée sur deux minces anneaux, un à chaque

Les voûtes seront désignées comme précédemment, mais en doublant la lettre de l'intrados, par exemple : A' A' rte....

- 6. Ponts ayant une voûte ou des voûtes de 40^m ou plus de portée. — Les symboles seront suivis de l'indication : $\geqslant 40^{m}$.
 - 7. Exemples : Sens de quelques symboles.

$$\widehat{\mathbf{A}}^1$$
 fr $(>40^m)^3$

 $\widehat{\overline{\bf A}}^1 \ f^r \ (\geqslant 40^m)^3$ désigne un ouvrage en arc (A) à une seule grande arche (A¹); — assez surbaissé, c'est-à-dire de surbaissement compris entre $\frac{1}{2\sqrt{3}}$ et $\frac{1}{7}(\widehat{\mathbf{A}})$; — inarticulé (pas de signe d'articulation sous A); — sous voie étroite (fr); — de portée de 40m ou plus $(\geqslant 40^{\rm m})$; — le 3°, par ordre chronologique, de la série $\widehat{\mathbf{A}}^{\rm t}$ f $^{\rm r}$ $(\geqslant 40^{\rm m})$.

Eⁿ
$$F^{r} (\geqslant 40^{m})^{2}$$

désigne un pont en ellipse ($\boldsymbol{\mathsf{E}}$) à plusieurs grandes arches ($\boldsymbol{\mathsf{E}}^n$); — inarticulé (pas de signe d'articulation sous **E**); — sous chemin de fer à voie normale (F'); — de portée de $40^{\rm m}$ ou plus ($\geqslant 40^{\rm m}$); — le 2°, par date, de la série $\mathbf{E}^{\rm n}$ ${\rm F}^{\rm r}$ ($\geqslant 40^{\rm m}$).

$$\mathbf{\hat{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \, \mathbf{\hat{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \, \mathbf{r}^{\scriptscriptstyle 1e} \, (\geqslant 40^{\scriptscriptstyle m})^2$$

désigne un pont à deux anneaux en arc (\mathbf{A} \mathbf{A}), chacun à une seule grande arche (\mathbf{A}^1 \mathbf{A}^1), de surbaissement $\sigma \geqslant \frac{1}{2\sqrt{3}} \left(\mathbf{A}^1 \mathbf{A}^1 \right)$; — inarticulé (pas de signe d'articulation sous ${\bf A}{\bf A}$; — sous route $({\bf r}^{\rm le})$; — de portée de $40^{\rm m}$ ou plus $(\geqslant 40^{\rm m})$; — le 2°, par date, de la série \mathbf{A}^1 \mathbf{A}^1 \mathbf{r}^{1e} ($\geqslant 40^m$).

LIVRE I (Suite)

DESCRIPTION DES PONTS

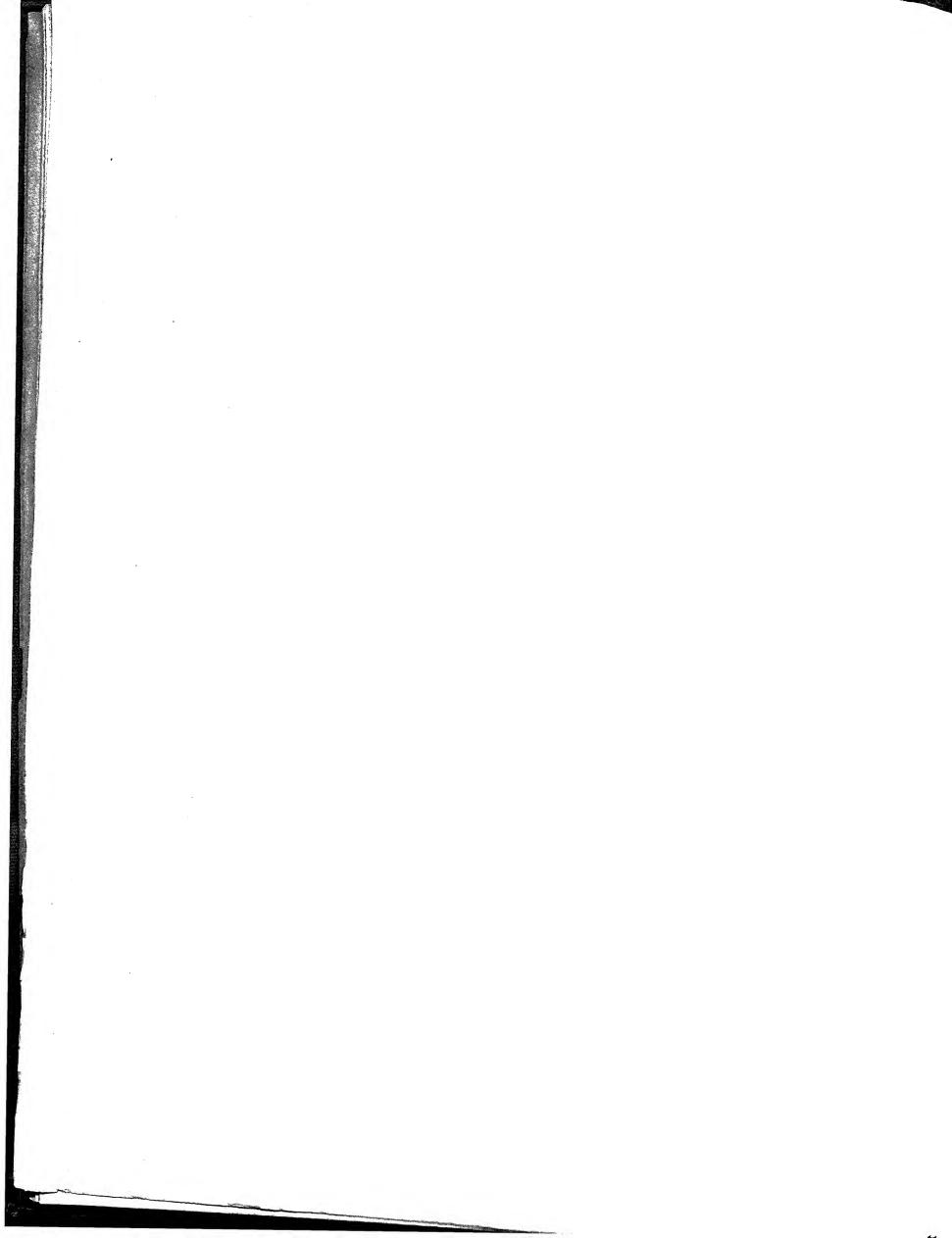
QUI ONT OU AVAIENT

DES

VOÛTES INARTICULÉES

DE 40" ET PLUS DE PORTÉE

TABLEAUX SYNOPTIQUES MONOGRAPHIES



VOÛTES INARTICULEES

EN

ARC ASSEZ SURBAISSÉ



VOÛTES INARTICULEES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ ¹

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

Série $\widehat{\mathbf{A}}^{\mathrm{tr}}\mathbf{r}^{\mathrm{tr}}$

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

	İ			3	PROJE	T	w·•	
	ENS	EMBLE		Į a				
PONT	Longueur	Largeurs	INTRADOS	ÉPAISS	EURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	ELIDEMEN L'E
Date Symbole	entre abouts des parapets Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage-	Revanche de la chaussée	1/ 10	CORPS Clef	TÊTES Clef Retombées 6	Mortier Poids, pour 1me de sable, de chauw ou de ciment	en kg (00012 Hypothèse adoptée Surcharges supposées	TYMPANS 20 DECORATION DES TETES
de Trezzo Italie 1370-1377 ruinė en 1416 ¹ r ^{te} (> 40m)1		() () () () () () () () () () () () () (Arc de cercle $ \begin{array}{c} 72, & 00 \\ 21^{m}10 \\ \frac{1}{3,412} = 0,293 \\ 41^{m}25 \end{array} $	2" 05 Epaisseur uniforme		Bandcaux : Grès		10 n n n n n n n n n n n n n n n n n n n
Pont-y-tu-Pridd	»	(3 ^m 353	Are de cercle	\ \ () , 457	(0 , 762	Bandeaux : PT Grés dur hauteur uniforme : 0**76 épaisseur : 0**15 à 0**23		to the first transversales
Anyleterre	250 ^{rem} 250 ^{men}	La largeur croit par ressauts de 5° à 7° 5	$\begin{cases} 42, 672 \\ 10^{m} 668 \\ \frac{1}{4} = 0.25 \end{cases}$	Epaisseur uniforme	Epaisseur uniforme	Douelle: 0*30 à 0*45 Douelle: Schiste Petits moellons.		annulaires vues, de 1m, 1m60, 2m6 environ
$\widehat{\mathbf{A}}^{\iota} r^{\iota_{\mathfrak{k}}} (\geqslant 40^{\mathfrak{m}})^2$	12 m	Largeur entre têtes aux reins : 4 ^m 826	26" 67			hauteur : 0 ^m 457 épaisseur : 2 ou 3 moellons pour un voussoir de tête Queutage : MOII 1 Chaux		2 11
Chester	105 m	(10, ^m 20)	Arc de cercle (60, 959	(4 m o40		Aux naissances, 2 assises en PT Granit Bandeaux,		p 2 étages de voites
Anyleterre 1833-1834		Pas de fruit	$\begin{cases} 12^m 801 \\ \frac{1}{4,76} = 0.210 \end{cases}$	(1, 829)		Clef et contre-clefs : PT 1 Marbre Douelle et Queutage :		longitudinale en ogive : f en haut, 2 en bas.
$\widehat{\widehat{\mathbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1} \; \mathrm{r}^{\mathrm{te}} \; (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^3$	19m	1 m 44	42m 67			Grès (New red sandstone) Chaux du pays (Inc.)		20 Archivolte
des Bains-de-Lucques	8	{ 7, 83	Arc de cercle	(1 m on		Bandeaux : PT Grès (490* à 625*)	Pression moyenne :	p F vontes
Italie 1845–1847 1874–187	7	Pas de fruit	7^m 128	(3,"00		Corps : Br (130k à 150k)	Naissances 1148 La courbe de pression passe	cachées en arc
$\widehat{\widehat{\mathbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1} \; \mathrm{r}^{\scriptscriptstyle 1e} \; (>40^{\scriptscriptstyle m})^4$	13 ^m	»	43m69	Extrados à ressauls		Chaux maigre en pâte — (mc666	au 1/3 supérien de la clef et au milien des naissances	21

t. - Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Teme III, p. II, nº 6.

SÉRIE Â rte (>40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

	•••	CUBE DE MAÇONNERIE							
FONDATIONS			GF	RANDE	VOÛTE			A MORTIER	
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0m01 ²	FEI Type Matière	RMES Nombre Epaissear	Cube de bois Poids de fer Dépenses		MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont Temps entre le	TASSEMENTS DE LA CLEF sur t _c cintre t _c au décin- t' _v	DÉPENSE D Totaux	
Procede	Appareils de décintrement	Écartement d'axe en axe Surhaussement 12	Totaux 13	par mq de douelle 2		dernier clavage et le décintrement Date 16	après t "	et par unité (de surface utile S _p 3 de volume « utile » W 4 18	
Rocher	Fixe) 5) 0m88			:				
Rive ganche: Rocher	Pixe	6	28;3 ^{me}	0 ^{mc} 38	1" assise sur coins en plomb.			D = 1037500 ^f	
Rive droite: En avant, Rocher En arrière, Sable motvant Pilotis	Sapin Coins sous chaque conchis))) 11	42500°	 1 6*9 	Bandes de plomb de 20° à 23° dans tous les joints, sur les 2/3 de la douelle à partir des retombées.		t ' _v - (53 ^{mm} à 67 ^{mm}	(non compris les abords) D: S _p = 968 ^f 7 D: W = 48 ^f 4	
Rocher	Retroussé soutenu au milieu	6 35	321 ^{mc} 243() ^k	() ^{mc} 8()	2 rouleaux	I décintrement partiel, avant construction des bandeaux : 3 novembre	t _c = 75 ^{mm}	Travaux exécutés en 1874-1877 :	
o	Sapin Pièces secondaires : Pin ou peuplier	Im 4() Fermes intermédiaires : 25()mm	33114'	6715		2* décintrement partiel : Janvier 3* décintrement partiel : Avril	$\mathbf{t}_{v}' = 183^{mm}$	$Q = 4011^{mc}$ $D = 118542$ lires	
n	Caisses à sable Cales	Fermes de tête : 22(jmm				4° décintrement partiel : Août			

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 – A. 3, S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) – C'est la surface offerte à la circulation.

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tomé III, p. III, n° 7 – B.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

					PROJE	ET	***************************************	Process of the
DONT	ENSEMBLE				GRAND	_	Į"	
PONT Date Symbole	Longueur entre abouts des parapets Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	entre parapets entre tympans sous la plinthe Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	T	CORPS (Clef	TÊTES (Clef (Retom-bdes	MATÉRIAUX Mortier Poids, pour twe de sable, de chaux ou de ciment	PRESSIONS en kg 0m01 ² Hypothèse adoptée Surcharges supposées	ÉVIDEMENTS 1018 TYMPANS 20 DECORATION DES TÈTES 9
de Claix France 1873–1874 $\widehat{\mathbf{A}}^1$ \mathbf{r}^{te} $(\geqslant 40^m)^5$	76m 15 ^{nm} 15 ^{nm} 11 m 20	7 ^m 30 8 ^m 10 Pas de fruit	Arc de cercle $ \begin{array}{c c} 52^{m}00 \\ 8^{m}05 \\ \frac{1}{6,46} = 0,155 \end{array} $ 46m	1 5 1 5 1 5 1 5 1 5 1 5 1 6 1 6 1 6 1 6	1 1 m 20 2m 60	Bandeaux : PT Bossages 7 tirants en fer de 55 *** × 15 *** scellés dans les bandeaux Douelle : MEV Queutage : MOV Ciment artificiel Vicat nº 1 — 1000k	Pression moyenne à la clef : 198 Dupuit	Voutes eachées en plem cintre de 1950, sur piles de 0980 ; 3 en long, 14 en travers (Voutes d'aréte) 6 tirants entre murs de tete.
du Saulnier France 1882 écroulé en 1912 ¹ r¹e (≥ 40m)6	% % % % % % % % % % % % % % % % % % %	\ 3 ^m 80 \ \ 3 ^m 40 Pas de fruit 0 ^m 60	Arc de cercle $ \begin{pmatrix} 43, & 00 \\ 8^{m} 60 \\ \frac{1}{5} & = 0,20 \end{pmatrix} $ 31m 17	1, 30 2 ^m 08		Bandeaux et Douelle: MAV 1 22 tirants en fer de 50mm×15mm entre handeaux Queutage: MEV 1 Grès calcaire à 300k Chaux du Teil	Pression moyenne : Clef : 1486 Retombées : 1488 Dupuit 2 voitures de 169	sur piles de 1º20. En long 1 vonte en plememtre de 1º, sur murs de 1º001
Elyria Etats-Unis 1886 \$\hat{\hat{\hat{A}}}^1 \text{r}^{te} (\geq 40^m)^7\$	50m29 »	(7 ^m 925 (6 ^m 096 Pas de fruit 1 ^m 219	Arc de cercle $45^{\text{m}}_{$	(1, 143 (1, 143		Voussoirs de toute l'épaisseur de la voûte, inillés sur 5 faces Epaisseur: 45'7 Longueur: 70'2 Découpes d'au moins 40' Grès d'Elyria, à 437' Ciment Portland Im Joints suivant le rayon:	Pression sans surcharge : Clef : 1987 Retombées : 2484	Pas Pas d'evidements, Remphssige en pierre enssée et gravier
Wheeling	98m91 42ma5 42ma5 10m50	(13 ^m 716 (14 ^m 528 Pas de fruit	Arc de cercle $\begin{pmatrix} 48^{m}, 463 \\ 8^{m}, 635 \\ \frac{1}{5,612} = 0,178 \end{pmatrix}$	(1,"371 1"829	∫1, [™] 524	Bandeaux : PT 1 à crossettes, de toute l'épaisseur de la voûte	Pression maxima aux retombées : 37*3 " 488*/mq	In 8 murs longitudinaux de 0%H, espacés de 0%888 et 0%863

^{1.} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6.

SERIE $\widehat{\widehat{\mathbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1} \, \mathbf{r}^{\scriptscriptstyle te} \, (\geqslant 40^{\scriptscriptstyle m})$

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

	-		EXÉC	UTION	-			CUBE DE MAÇONNERIE	
FONDATIONS			GI	RANDE	VOÛŤE			A MORTIER	
Nature du sol Profondeur sous l'étiage	FEI	CINTERMES	Cube	le bois	MODE	DÉCINTREMENT État	TASSEMENTS DE LA CLEF	DEPENSE	
Pressions sur le sol en $\frac{\text{kg}}{0\text{m}01^2}$ Procede	Type <i>Matière</i> Appareils de décintrement	Nombre Épaisseur Écartement d'axe en axe Surhaussement	Poids Dépe Totaux		CONSTRUCTION 15	d'avancement du pont Temps entre le dernier clavage et le décintrement Date	sur cintre t , au décin- t , trement après t ,"	Tolaux et par unité de surface utile Sp³ de volume « utile » W 18	
Calcaire schisteux tendre aillé à redans,	Fixe Poincons et triangles	$\left\{\begin{array}{c} 6 \\ 35^{cm} \end{array}\right]$))))	, »	2 rouleaux A chaque))	$\mathbf{t}_{\mathrm{e}}=A^{mm}$	D = 139564 ^r	
Pression moyenne: 12 ^k 1	Boîtes à sable remplaçant, au dernier moment, des billots	1 m 50	32 5351	6819	rouleau, 4 tronçons	-12 jours 10 avril	$\mathbf{t}_{\mathrm{v}}^{\prime}=1$ à 2^{mm}	D: $S_p = 251^{\circ}6$ D: $W = 26^{\circ}6$	
Rive droite: Rocher Schiste apparent Rive gauche: chiste pourri	Fixe Pin	3 20cm 1 m 50	95 ^{me} »	0 [™] 59	2 rouleaux	» 39 jours	$\mathbf{t}_{c} = 0$ $\mathbf{t}_{v}' = 52^{\mathrm{mm}}$	$D = 69000^{f}$ $D : S_p = 275^{t} 1$ $D : W = 46^{f} 6$	
et argile Pression naxima: 7*7	Boîtes à sable))				Octobre at novembre			
Cocher solide ssiette tuillée à la main : explosifs		·					$\mathbf{t}_{v}^{\prime}=203^{mm}$		
interdits									
Rocher	Fixe	12 30cm						$D = 699300^{c}$	
	Boîtes à sable	1 m 340						D: $S_p = 515^{r}5$ D: $W' = -65^{r}0$	

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 – A. 3. Sp = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) – C'est la surface offerte à la circulation.

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

5. W' = Surface de l'élévation au dessus des fondations × Largeur entre parapets.

Pour Sp, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 – B.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

and the second s				I	ROJE	T	·	
		EMBLE			GRAND	Е VOÙTE	_ .	10
PONT		٠	INTRADOS	ÉPAISS	EURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS on kg month	EVIDEMEN
Date	abouts des parapets Déclivités	entre tympans	Portée Montée	CORPS	TÊTES	Mortier Poids, pour 1me de sable.	Hypothèse adoptée	TYMPAN;
Symbole	Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	Surbaissement Rayon	Clef Retombées	Retom- bres	de chaux ou de ciment	Surclineges suppresses	DES TETE
Bellefield	103m 94	3 (24, 08	Arr de cercle	5 Douelle e	n PT 1:	Tôles, sur 2"13: PT \ Ciment_lent \(\text{tms} \)		7 voltes longitudina en Br. 1, en arc,
Pittsburg	† !	1 24m 993	45, 72 11" 176	1, 219 1, 829	1, 21, 1 ^m 829	Douelle : PT 1 Epaisseur 0"61		de 2m21 - ń 2m50, - sur murs en MOH
Emts-Unis	n	Pas de fruit	$\frac{1}{4,10} = 0.244$			Ciment lent - Om 5 Queutage : Béton	I .	de ()¤69 Murs transversat en MO ¹
1806-1807	21 m 3 f	3,	28m 97			Ciment Saylor 1º Sable 2º Pierro cussée à 5' 1º 5		do ()m69 20 Cadros da, les tympan
Plauen	15()m	\\\\ \17^m 00 \\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	Arc d'anse de panier à 5 centres	1,50 2,00	1,"50 2,"00	Petits moellons (10 à 12° d'épaisseur) de schiste dur (1580° Aux têtes,	•	longitudinale 4 de 1 ^m 50 entre 2
Allemagne	imm-) imm-)		$\begin{array}{c} 90,00 \\ 18^{m} 00 \\ \frac{1}{5} = 0.20 \end{array}$	à 32 ^m 50 de la clef	à 32 ^m 50 de la clef	crépi de 7° ; Ciment 1° ; Sable blane 5° !	Cauche de y or son caustrosts corre paints de yourse achtiste con at chosses	de () ^m 40. Aux reins 6 voûtes transversal
14N43-14N3)))	1,,00	Rayons:	77		Cerveau Cument Stern Ivol Sable zvol	Pression 22.22 130 Tension 22.22 40 Art Herstigue	de 5 ^m .
$\mathbf{\hat{A}}^{i} \mathbf{r}^{te} > \omega_{m} 10$	20m	[m2()	(sur 30 ^m) 105 ⁿ Reins 58 ^m 5 Retombées 30 ^m 1	0		Reins et Culées Ciment Vorwohler 1º Gros sable p	1	20 »
Guggersbach	67m 10	\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	Arc de cercl	e 1, 10	1,"10	Béton 250 ^k de ciment	Presentation in the second sec	enhéton arn
Suisse	13mm 13m		$\begin{cases} 50, 20 \\ 8^{m} 22 \\ \frac{1}{6,10} = 0,164 \end{cases}$		1 1 60	par métre cube de béton	Clot 111 (180) 1 (100) 1 (100) 1 (100)	mix lôtes:
1906		Pas de fruit	1 '			(aux culées, 180°)	Pare / 17 * 2 1907 Res 100 * 424 londe / 22 * 7 120	de 3m80.
A ¹ L ₁₀ (> 10m)11	12 ==	0m80	42 ^m 431				Are the stopic 2508 1 Voitures sto 120) 50

^{2.} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6.

ARCS ASSEZ SURBAISSÉS

SÉRIE $\widehat{\widehat{\mathbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1}$ $r^{\scriptscriptstyle te}$ $(\geqslant 40^{\scriptscriptstyle m})$

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

			EXÉCU	TION				CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER	
FONDATIONS			GRA	ANDE	VOÙTE			Q	
Nature du sol Profondeur	DDD	CINTE			MODE	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	DÉPENSE	
sous l'étiage Pressions sur le sol	Type	Type (Nombre Dépenses De Distriction du pont	d'avancement du pont	sur t .	D Totaux				
en kg/0m01 ² Procédé	Matière Appareils de décintrement	Epaisseur Ecartement d'axe en axe Surhaussement	Totaux 13	par mq de douelle 2	CONSTRUCTION 15	Temps entre le dernier clavage et le décintrement Date 16	au décin- t ', trement après t ',	et par unité (de surface utile S _p ^a de volume « utile » W ^a 18	
Rocher solide	Fixe Sapin	14	1062 ^{me}	() ^{me} 82		2)	$\mathbf{t}_c = 16^{\mathrm{mm}}$	$Q=9270^{ m mc}$ (magonneric à mortier et bétor $Q:S_{ m p}=3^{ m mc}70$ $Q:W=0^{ m mc}27$	
n	noir du Canada	1 m 88 entre les fermes				Septembre et octobre	t', - 47 ^{min} 2	$D = 580000^{\circ}$	
n	Boîtes à sable en fonte	5[mm				ń		D: $S_p = 231^r 7$ D: $W = 17^r 2$ D: $Q = 62^r 6$	
Rocher (Diabase résistant à 1600k)	Fixe	Etage supér : 21 Etage infér :	20()() ^{mc} (1 ^{mc} pour 2 ^{mc} de voûte)	1 ^{me} 24	A pleine épaisseur	Tympans en construction	$t_{\rm e} = 45^{\rm mm}$	D = 614742 ^f (non compris abords	
taillé en gradins »	Pin	11 n	»))	6 tronçons, 11 clavages	8 mois	$\mathbf{t}_{\mathrm{v}}^{\prime}=82^{\mathrm{mm}}$.	et achats de terrains) $D: S_p = 244^r 1$ $D: W = 44^r 8$	
Pression maxima: 23k9	Billots et Coins	150mm				Commencement de juillet		·	
11									
Rocher (Grès)	Fixe	4	75 ^{mc} (sans le platelage)	() ^{mc} 35	2 rouleaux : Le 1", par tranches séparées,	Pont achevé	(amont 30"" (aval 35""	$Q : S_0 = I^{me} 80$	
apparent »	Pin (Bois rond)	1 m 58 à la base	boulons 1182k boîtes à sable 192k		d'abord des hautes, puis, entre elles, des basses;	92 jours	$\mathbf{t}_{v}'=0$	(Poids de métal armant la plate-forme et ses piles : 87 4)	
${\bf Pression}: 5^k$	Boîtes à sable	.[()mm	sabots des pieux 200k 1578k	7 ^k 3	le 2°, en 8 tronçons embrassant plusieurs tranches	s 15 décembre		$D = 52537^{\circ}$ $D : S_p = 456^{\circ} G$	
»	Coins aux retombées		8100 ^r	37°5	du 1°, séparés par 9 tranches minces	s		$D: W = 45^{r}6$ $D: Q = 83^{r}9$	

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.

4. W =: Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' == Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — B.

3. - Front le seus de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

	:				PRO.	JET		
PONT	E.	NSEMBLE			GRAN	•		
	abouts des	Largeurs entre parapet	INTRADOS	ÉPAISSEURS		MATÉRIAUX	PRESSIONS	EVIDENTE SE
Date		entre tympan sous la plinthe) - 31 33	CORPS	TÊTES	1	en kg ment* Hypothèse	111111111111111111111111111111111111111
Symbole	Hauteur maxima de la chaussé au-dessus du sol ou de l'étiag	des tympans Revanche	Montée Surbaissement Rayon	Clef	Clef	Poids, pour 1 mc de sable, de chaux ou de ciment	adoptée Surcharges supposees	Blitte A Fran
· ······ · · · · · · · · · · · · · · ·		3	4 - 1	5 .	6	7		**
Montanges	109 19	6, 20	Arc de cercle $80, 29$ $20^{m}465$	1,"50 2,"50	$\begin{cases} 1, 50 \\ 2^{m} 50 \end{cases}$	Bandeaux: PT 1 Epaisseur of 44 Longueur en douelle of 55 à 0775 Lits grossièrement bouchardes Douelle	Pression maxima Clet (2108)	I vinegher of framily engine and we will engine
France		Pas de fruit	$\frac{1}{3,923} = 0.255$			et Quentage : [,! Mêmes dimensions qu'en bandeaux (an moins on 250)	of strate Noticeation : Given duriales	pitrate orangekunge, pitrate orangekunge, pitratero sekun piratero
1908-1909	5== RD	za. de Irun				Jusqu'à 9*91 de la clat, moellons par assise : au-delà, 3	Arc clastique Méthode analytique	Hip %
	:	0m 58	50m		\	Villette-Romanèche (Ain) 1974	de M. Resal	. β . ges
$\widehat{m{A}}^{*}$ $\mathbf{r}^{te} \otimes \wp_m, t2$	62 ^m 25				\\ \ \\ \ \\ \ \\ \	Ciment artificiel ival nº1deVif(Isére) 600k 50k à 300k à 28 jours)	2 hecamaryon de 332 Wagana de 163	
es prima de la companya de la compa	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				130	able de la Valserine Joints de 12mm Mortier wee très peu d'enu		
·								

ARCS ASSEZ SURBAISSÉS

SÉRIE $\widehat{\overline{\mathbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1}$ $\mathbf{r}^{\scriptscriptstyle te}$ $(\geqslant 40^m)$

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

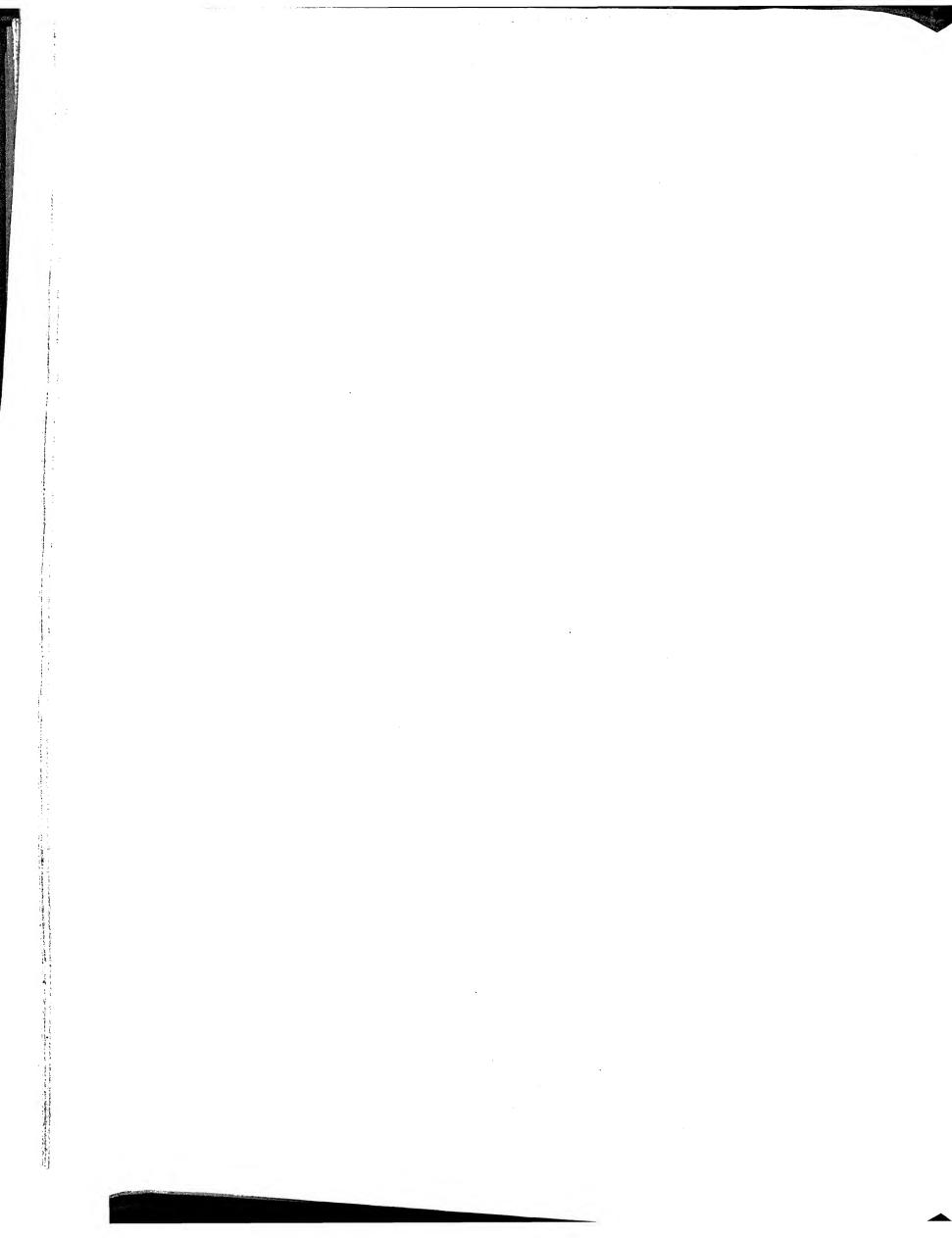
			EXÉCU	TION				CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER	
FONDATIONS			GR.	ANDE	VOÛTE			\mathbf{Q}	
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg/0m01²	Type Matière Appareils de	CINTR RMES Nombre Épaisseur Licartement d'axe en axe Surhaussement	Cube do Poids o Déper	le fer		DÉCINTREMENT État d'avancement du pont Temps entre le dernier clacage et le décintrement Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur t, au décin- t', trement après t',	DÉPENSE D Totaux et par unité { de surface utile Sp 3 de volume « utile » W 4	
Rocher calcuire, résistant à plus de 1000%	Fixe Sapin Boîtes à sable Pistons en hêtre entourés de corde gondronnée Coins de secours en chêne	4. 25 cm 1 m (533	568 me 42595 k 98541 f	1 mc 07 80 k 5 186 t 3	3 rouleaux, le 2°, aux reins seulement. Au 1° roul.: 8 tronçons, 10 clavages à la clef) Au 2° roul.: 6 tronçons, 6 clavages. Au 3° roul.: 8 tronçons, 10 clavages	· Voûtes d'évidement en construction, non clavées aux reins. 68 jours	/ OE mm	$Q = 2529^{mc}$ $Q : S_p = 3^{mc}72$ $Q : W = 0^{mc}09$ $Q : W'' = 0^{mc}20^{-5}$ $D = 354950^{f}$ $D : S_p = 522^{f}9$ $D : W = 42^{f}0$ $D : W' = 27^{f}7^{-5}$ $D : Q = 440^{f}3$	

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — B.



VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SERIE $\widehat{\widehat{\mathbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1}$ $\mathbf{r}^{\scriptscriptstyle 1e}$ ($\gg 40^{\scriptscriptstyle m}$)

MONOGRAPHIES

PONT SUR L'ADDA, A TREZZO 1, 2 (ITALIE - Lombardie)

1370-1377 Détruit en 1416

 $\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ r^{te} ($\gg 40^{\rm m}$)¹

1. Dates. — Entre 1360 et 13703, Bernaho Visconti, duc de Milan, « commença à reconstruire le château de Trezzo... en même temps, il fit faire un « pont sur l'Adda, d'une seule arche.... avec deux tours de chaque côté. Ce grand « ouvrage fut achevé en 7 ans et 3 mois. » (S'3).

En 1416⁴, le condottiere Carmagnola, alors au service de Philippe Visconti, duc de Milan, assiégeait le château de Trezzo: comme la garnison recevait, du territoire de Bergame, des secours par le pont (S'₁), il affaiblit sa culée rive gauche (S''₁), et le jeta par terre le 21 décembre (S₂).

Le pont n'aurait donc existé que 40 ans environ.

En 1775, pour faciliter la navigation, on fit tomber un morceau d'arc (S_s).

2. Le pont était d'une seule arche. — Andrea Biglia, chroniqueur milanais contemporain, l'affirme (S",).

Donato Bosso (S₂) et Bernardin Corio (S₃), nés plus de 40 ans après la chute du pont, disent que le pont détruit avait plusieurs arches. Mais le même Corio avait affirmé précédemment que le pont construit par Bernabo Visconti n'en avait qu'une (S'₂).

L'Adda coule, là, rapide et profonde; au XIV^e siècle, on n'aurait pas pu y fonder de pile ⁵: on n'en voit aucun vestige (S'₃, S₄, S₅).

^{1. —} Trezzo est sur le tramway Bergame-Vimercate-Monza, à 17 m de Bergame.

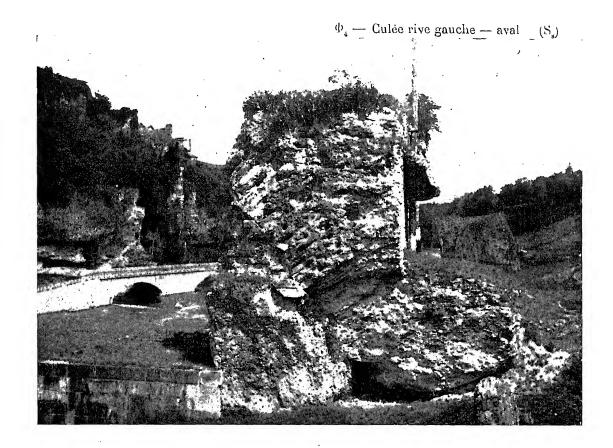
^{2. —} Après 1200, un seigneur de S. Gervasio, petit village en face de Trezzo, construisit en grosses pierres un pont d'une seule arche très pointue. Il fut coupé après 1275, puis refait vers 1279, puis détruit, probablement en 1320 (S, p. 24).

^{3. —} Giulini précise 1370 (S'4): il semble que ce soit d'après Corio. Or Corio ne précise pas entre 1360 et 1370 (S'3).

^{4. —} Giulini (S"4). D'après Corio, 1417 (S'3).

^{5. —} Pour traverser l'Adda, on a exécuté un grand arc métallique : à Trezzo même, pour la route de Bergame (portée 62™50, - 1884-86) ; en aval, à Paderno, pour le chemin de fer Bergame-Usmate, à 20° de Bergame (portée 150°, -1887-88)

4. Ce qui reste de la culée rive gauche (Φ₄ - S₈). — On y devine l'appareil en voûte d'une retombée. « Les ruines même ont péri » *.



5. Intrados. — M. l'Inspecteur Général de Dartein a relevé la portée : 72^m, — déterminé le rayon d'après les coordonnées de trois points de l'intrados, — puis, avec ce rayon, calculé la montée : 21^m10.

Comme le pont de Vérone ¹⁰, construit 20 ans avant, il était vraisemblablement en arc surbaissé (Trezzo: 1/3,41; Vérone; 1/4,02). Comme lui, c'était un pont militaire: il assurait un passage entre le château (rive droite) et une tête de pont construite sur la rive gauche, peut-être un passage couvert (S'₄), peut-être, comme à Vérone, entre deux files de merlons.

9. — Quelques années avant 1886, on voyait encore sur les deux rives des restes assez importants des deux têtes avec leurs tours, et les retombées sur environ $4^{\rm m}$; ceux de rive gauche ont en partie disparu par l'exploitation des carrières de poudingue $(S_0, p. 28)$.

10. $-\widehat{\mathbf{A}}^{\mathbf{n}} \, \mathbf{r}^{\mathsf{te}} \, (\geqslant 40^{\mathsf{m}})^{1}$ - Tome III.

SOURCES:

S. — « Historia fratris Andrew Billii Patria Mediolanensis — Rerum Italicarum

```
voltes inarticulées — série \widehat{\mathbf{A}}^1 \mathbf{r}^{te} (\geqslant 40^m) — monographies
·) į
a surptures a Muratori, tome XIX, Milan, MDCCXXI, Lib. III, col. 44:
     . Ad Tricium... castra posita.....
            S_{i}. — .... a denique, cum videret Carmagnola non posse satis prohiberi, quo
        minus in Castellum multa ex ponte trans Abduam commearent, statuit pontem
        a diruere.
            S_{-i}^{*} — « Opus ferme; cui nullum ejus generis par ; quippe omnem gurgitis
        « amplitudinem uno fornice compiexus altissime tendebalur, nev quamvis lateritius
        « ullo ferro solri poterat, super modum arctissima calcis coagmentatio. Castellum
        « olim cum ponte Bernabos extruxerat.....
            S^{m}_{\ \ \nu} — « Hunc pontem Carmagnola exteriore planta succisum diruit... »
        (Andrea Biglia, de Milan, de l'ordre des Augustins; mort en 1435).
    S<sub>z</sub>. = a Chronica Bossiana » (Bibliothèque Nationale, Réserve K. 63 ; Milan
MCCCCLXXXXII, non paginée:
    Anna domini millesimo quadringentesimo sextodecimo,.....
                  « Vigesimo primo decebris die Pons lapideus suppositus arci Tricii mirabili
Pens Tricii
                « opere : pluribus q. fornicibus ex silice fabrefactus diruitur ».
 diruitur
    Donato Bosso, historien milanais, né en 1456. - Biographie Michaud).
    S. - « L'historia di Milano volgarmente scritta dall' eccellentissimo oratore M. Bernar
* dina Caria, gentil'huamo milanese », in Vineglia MDLIIII, Bibliothèque Nationale, K. 3101.
    Corio cite des événements de « l'Anno mille trecento sessanta » : puis écrit,
           S'. - page 243, verso:
         Ponte sopra
                               « Et Bernabò diede principio alla riedification del castel di
       Adda fabricato
                            « Trezo. Similmente fece fare il ponte sopra il fiume Adda : que
        i un solo arco
                            « sto fu fabricato in un solo Arco, che parse mirabil cosa, da
                            « ogni banda edificò due Torri, et si grande edificio fu compiuto
                           " in sette anni, et tre mesi.
       Corio cite ensuite des événements de janvier et février 1370.
           S", - p. 312, verso. « Poi l'Anno mille quattrocento diviasette.... il Duen.
       « deliberò redurre in sua deditione la fortezza di Trezo... Il perche l'Ilippo Mario qui
       « mando Francesco Busoni di Cremagnola.....
       .....
           " . . . . . et il mirabile ponte, che già Bernabò Visconte in cinque archi sopra il vivo
       « nanno havea fatto fabricare fece roinare.... »
           Puis vient un événement du 14 février.
           (Bernardin Corio, 1459-1519, Milanais, chambellan du duc Ludovic Sforza, dit
       le More. Chargé, par lui, d'écrire l'histoire de Milan. — Biographie universelle de
       Michaud, tome IX).
   S_{a}. — Giulini : « Memorie spettanti alla storia, al Governo ed alla descrizione della citta
  campagna di Milano. » (Ouvrage publié en 1760-1765).
           S_4^* — Vol. V, Lib. LXX, Anno 1370, p. 536.
          S", — Vol. VI, Lib. LXXIX, Anno 1416, p. 1416, p. 200, 201.
```

(d'après Biglia (S₁), Bosso (S₂), Corio (S₃)].

- S_s. G. B. Biadego: « *Del Ponte nuovo sull' Adige a Verona* », Vérone et Turin, 1885. (Memoria V, p. 279 et Pl. XX). Cette planche XX reproduit une restitution de M. de Dartein, lithographice à Milan en 1860.
 - S's. id....... Renseignements fournis à M. Biadego par l'Ingénieur Zucconi, de Milan.
- S_e. Luigi Ferrario : « *Borgo di Trezzo ed il suo Castello* », Milan 1867. (M. Ferrario était secrétaire à la section historique et diplomatique des Archives de Milan).
- S_r. Hann et Hosking donnent une restitution peu vraisemblable du pont: « as it « probably existed in 1390 » (Theory, practice and architecture of bridges) Londres 1839-1857, atlas, Pl. LXXI).

Croizette-Desnoyers reproduit, (Construction des Ponts, tome I, p. 41), cette restitution et celle de M. de Dartein de 1860.

- S_s . Ce que j'ai vu juin 1908.
- S_s. Ing. Ariberto Crivelli: « *Gli Avanzi del Castello di Trezzo. L'Antico ed il Nuovo* « *Ponte sul l'Adda* », Milan, 1886. (Mémoire que m'a gracieusement communiqué M. le Professeur Jorini de l'Ecole des Ingénieurs de Milan).
- S_{10} . Les dessins f_1 , f_2 , f_3 , f_4 , sont faits d'après les relevés de M. l'Inspecteur Général de Dartein, qui m'a très gracieusement prêté ses minutes.

PONT DIT " PONT-Y-TU-PRIDD "

SUR LA TAFE, PRÈS DE NEWBRIDGE (PAYS DE GALLES, Comté de Glamorgan)

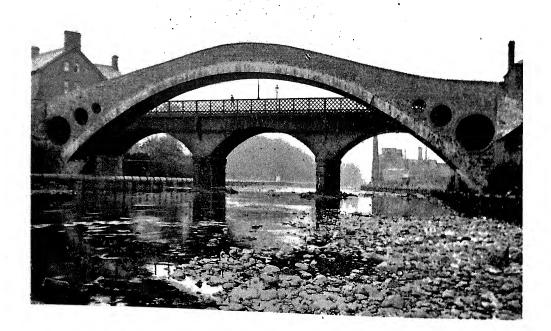
Route de Lantrissent à Cardiff

1749-1750

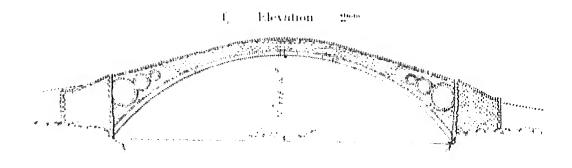
 $\widehat{\overline{\textbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1}\,r^{\scriptscriptstyle te}\,(\geqslant 40^{\scriptscriptstyle m})^2$

- 1. Premier pont (1746-1748). En 1746, un maçon, « qui avait avquis « quelque réputation dans le pays », William Edwards, construisit là un pont à arches, qui fut emporté par une crue deux ans et demi après.
- 2. Deuxième pont. Edwards devait, d'après son contrat, entretenir le pont 7 ans : il le reconstruisit avec une seule arche de 42^m672 (140 pieds) d'ouverture et 10^m668 (35 pieds) de montée; mais, alors qu'il ne restait plus qu'à poser les parapets, la voûte, trop chargée aux reins, se souleva à la clef et s'écroula.
 - 3. Troisième pont (pont actuel, terminé en 1750).

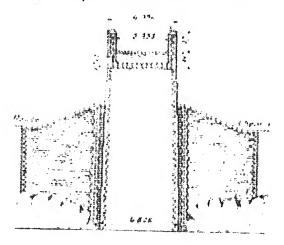
 $\Phi_i \stackrel{a}{\rightarrow} a$



- 1. En gaélique : « Pont près de la hutte de terre ».
- 2. Cliché de MM. T. Forrest et fils, Pontypridd.
- 3. Photographie gracieusement communiquée, en juin 4907, par M. H. Waters. Agent general du London and North Western » à Paris.



 $f_{\rm eff}$. Composen travers a la clef γ - γ



f. Compe en travers du cintre (fina)



Cantre P. Student of P.

I despress and make space of the more to the

A rte umi

PONT DE PONT-Y-TU-PRIDD

Sans perdre courage, Edwards la reconstruisit avec les mêmes dimensions; mais, soit d'après les conseils de Smeaton qu'il avait consulté, soit instruit par son échec, il diminua la charge sur les reins :

1° - en élégissant les tympans par 3 voûtes annulaires;

🛫 – en remplissant de charbon de bois l'intervalle entre les tympans.

Cette fois, la voûte a tenu:

Labor omnia vincit

Improbus,...

Vers 1818, on abaissa les rampes d'accès à 1/4.

4. Auteur : Edwards.

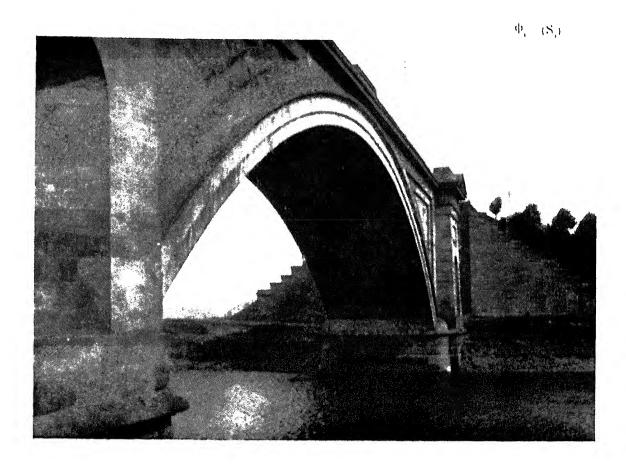
SOURCE:

S. - Institution of Civil Engineers - Minutes of Proceedings, 1846, p. 474, Pl. 40 à 43, nº 260 : « Account of the Pont-y-tu-Pridd, over the River Tafe, near Newbridge, in the County « of Glamoryan », Th. Macdougall Smith (Mémoire lu le 4 avril 1838).

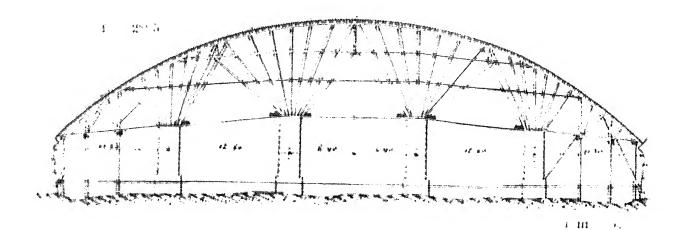
PONT DE GROSVENOR, SUR LA DEE, A CHESTER (PAYS DE GALLES)

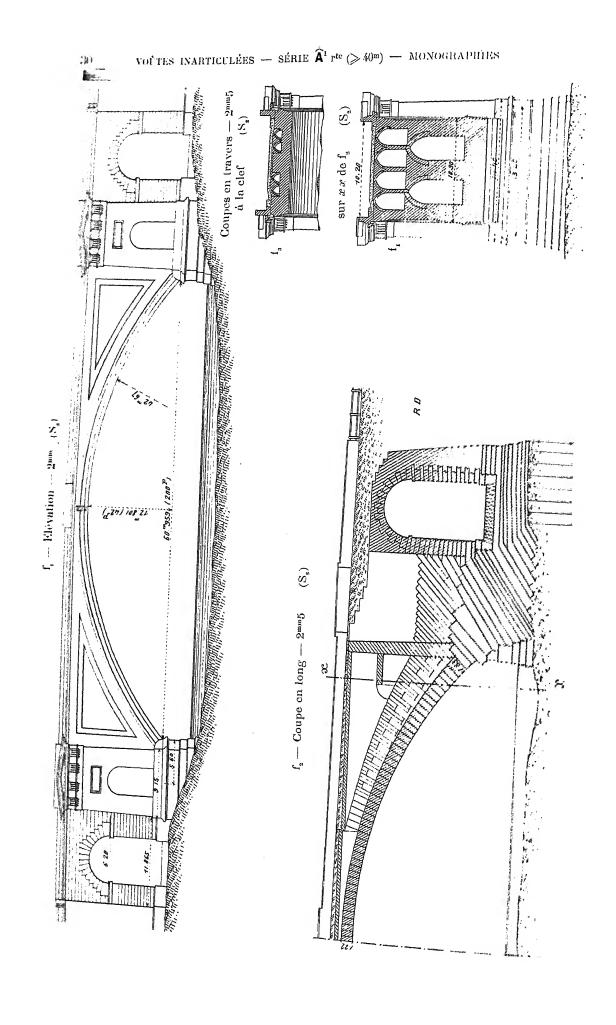
1800-1804

 $\widehat{\pmb{A}}^{*} \, r^{tr} := \inf \mathcal{X}$



1. Cintre. — 6 fermes, à contretiche- rodee, disposées en éventail, portaient, par des sabots en fonte, sur 4 pules en maconnerie. Elles étaient réunies en haut, survant la courbe d'intrados, par deux cours de madriers de 0°10 chacun (S.).





Les couchis de 11^{cm} d'épaisseur, portaient sur des coins, — 2 sur chaque ferme. — de 0^m40 de longueur et 0^m25 à 0^m30 de largeur.

- « Le cintre était divisé en parties indépendantes correspondant à l'intervalle « entre les piles en maçonnerie. On pouvait, dès lors, décintrer par parties, en « particulier làcher le cintre aux reins en le maintenant à la clef. » (S.).
- 2. Construction de la voûte. « La première assise au-dessus des « naissances fut placée sur un coin en plomb de 1 pouce 1/2 (38mm) d'épaisseur en « douelle, et finissant à rien à l'extrémité de son lit.... des bandes de plomb de 8 à « 9 pouces (20 à 23cm) de largeur furent aussi introduites dans les joints, de chaque « côté, en montant jusqu'au point où la pression put être considérée comme passant « de l'intrados à l'extrados des coussoirs, soit sur environ les 2/3 de la douelle...» (S.).

On descendit à la sonnette les voussoirs de clef, après avoir recouvert leurs faces d'une épaisse couche de mastic de céruse et d'huile, et après avoir garni les parois des contre-cless de feuilles de plomb (S₂).

3. Décintrement (S.). — On décintra lentement, le mortier étant encore mou, en tenant la clef haute et les reins bas.

4. Personnel (S₄).

Ingénieurs | Projet : M. Harrisson. — Le projet a été fait 25 ans avant l'exécution (S.). Execution: M. Hartley.

Entrepreneur: M. Trubshaw (auteur du projet du cintre).

SOURCES:

S_i. — Transactions of the Institution of Civil Engineers, vol. I, p. 207 et suivantes.

 S_{2} . — Ecole des Ponts et Chaussées. — Collection de dessins distribués aux Elèves. — Série 3, section A, Pl. 3. « Pont de Chester ». — Légendes explicatives des Planches. — Tome I, p. 70.

S₃. — Ce que j'ai vu — juin 1903.

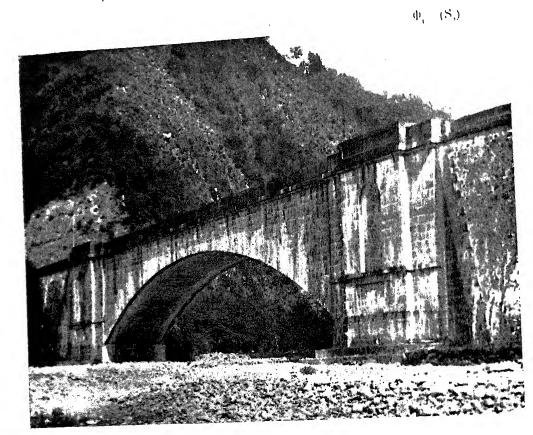
PONT SUR LE TORRENT FEGANA, PRÈS DES BAINS-DE-LUCQUES

(ITALIE, Province de Lucques)

Route Nationale de Licourne à Mantoue

1845-1847 1874-1877

 $\widehat{\pmb{\mathsf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1} \; r^{\mathsf{te}} \; (> \; \mathcal{W}^{\mathsf{m}})^{\mathcal{A}}$



1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — Le Fegana a des crues violentes, qui roulent de gros blocs : il emporta là un pont à deux arches, qui remplaçait un pont plus ancien.

Le rocher, qui est à une faible profondeur sur les rives, plonge presque à pie : on ne le trouve plus au milieu.

Il fallait là une grande arche.

2. Histoire. — L'ouvrage fut commencé en 1845. On construisit les deux culées jusqu'au-dessus des niches, et deux amorces de voûte sur 3" environ de chaque côté, soutenues par les murs d'un ancien pont.

A la révolution de 1847, on l'abandonna.

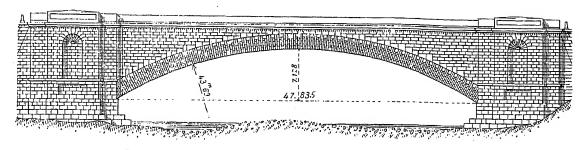
1. — Au point où le Fegana se jette dans le Serchio, à environ 3º des Bains de Lucques. 28º de Lucques.

On ne le reprit que 27 ans plus tard.

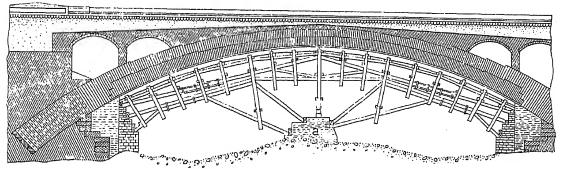
On respecta le projet primitif.

On élégit seulement les reins par deux voûtes transversales (f_g).





 f_1 — Coupe on long et cintre — $2^{mm}5$



a — Débris d'une ancienne pile.

- 3. Couronnement convexe. En élévation, les parapets et la plinthe ont une flèche de 0^m08 pour ne pas paraître concaves.
- 4. Cintre (f₂). Les pièces du cerveau du cintre portaient sur des caisses à sable; celles des reins, sur des coins, qui ont mal fonctionné, et qu'il fallut ruiner.
- 5. Construction de la voûte. On chargea le cintre à la clef, puis, le 31 août 1874, on commença le premier rouleau.

On mena d'abord en même temps les bandeaux et la douelle; puis, pour hâter le clavage, on ne posa que le corps en briques, sans les bandeaux.

On changeait chaque jour de côté les équipes de maçons.

Près de la clef, on mit dans le mortier de la limaille de ser.

On termina le premier rouleau, ainsi réduit, le 6 octobre, et on commença, de le lendemain, le deuxième, relié au premier par quelques harpes.

An-sitôt le deuxième rouleau terminé, on fit un premier décintrement partiel. Puis en chargea de briques l'emplacement à occuper plus tard par les bandeaux canneau de 1220 à chaque tête).

On a donc opéré par rouleaux et par anneaux.

Voici la suite des principales opérations, et les tassements observés :

	Dates		bnissen: u clef e	
Operations	des observation	as tolans	-	rtiels Vonte
On charge le cerveau du cintre d'environ 100.000 briques (2201).	s 1874	.4Omm		
Construction du corps en briques. Clavage des rouleaux 120		57.5	17.5	
Premier decintrement partiel				2()****
Après le deuxième décintrement	commencemen de janvier	169		71
bandeaux (on abaisse les 4 fermes intermédiaires en maintenant celles de tête). Execution Commencement. Clavage (on relia les voussoirs des clefs avec ceux de la voûte par des crochets en	fin avril 10 mai	187 187	and the community of particular and the community of the	18
fer plombés)	28 juillet	198	:	11
trement) Enlevement en grand du cintre Apres la construction des tympans jusqu'à la plinthe Après celle des parapets (1250k par mètre courant de	tion Unon C	200 210 220		10 10
parapat)	de novembre 1876	230	ı	10 28
4.19	de l'été	258		80

6. Fissures observées.

A. - Aux naissances. — Quand chaque attaque du premier rouleau avait environ 3^m, on constata à l'extrados du joint des naissances une ouverture « presque capillaire ». Quand on dépassa le milieu du demi-arc, soit à la 5^e moise pendante à partir de la naissance, la fissure atteignit 13^{mm} et n'augmenta plus jusqu'au elavage du rouleau.

A mesure que se réduisait la charge de briques du cerveau, les fermes tendaient à se relever et la fissure à diminuer.

Pendant la construction du deuxième rouleau, elle augmenta de 2º et

 B_{γ} - A la $clef_{\gamma}$ — Au décintrement final du 9 août 1875, on observa à la clef un fil à peine perceptible. — la fissure des naissances n'augmentant pas.

7. Composition de la voûte.

	Cube	Pour 1 ^{re} Journées de de tailleur magen de poetre	Le me, de voûte est ainsi composé :
Corps en briques, execute d'abord suns les bandeaux	601-61	0+93 "	Briques 0 783 Mortior 0 217
Tytes en pierre de tuille		1 02 : 1 (4	(Poids moyen : 1751)
Total	840-03		

8. Personnel.

Ingénieur»:

Projet : Nottolini, de Lucques.

Travauer : de 1845 à 1847 : Nottolini ; de 1874 à 1877, MM. Giulio Marzocchi, Ingénieur en chef, Salvi, Ingénieur de section et Cappello, Ingénieur adjoint.

Entrepreneur : M. Alexandre Mugnaini.

3 Architecte et Ingemeur distingue Auteur de l'aquedic de l'acques (159 arches), du projet du post suspendié sur la Lima a Fornoli pres des Hamés de Lucques. Mort en 1851.

SOIL RUES

- 8. Giornale del Genno Civile : Gennuo 1878, p. 33 n 54, Tax. III e IV ; Febbraio 1878, p. 84 n 409 » Peace sul torrente Feguna nella provincia di Lucca », Relazione del cav. Giulio Marzocchi, Ingegnero Capo del Genno Civile.
 - San Geogne ym vu octobre 1906

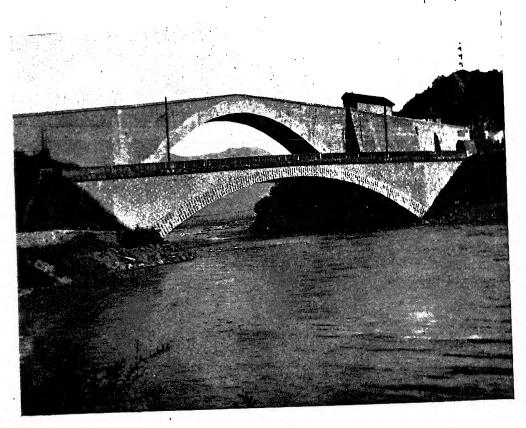
PONT SUR LE DRAC, A CLAIX (ISERE)

Route Nationale nº 75 de Châlon-sur-Saône à Sisteron

1873-1874

 $\widehat{\widehat{\textbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1} \, r^{\scriptscriptstyle \{0\}} \, (\gg \, 4^{\scriptscriptstyle \{j\} m})^{\scriptscriptstyle \overline{\smash{5}} \, \overline{\smash{5}}}$

 $\Phi_i = (S_i)$



1. Aspect (S_i) . — C'est un arc à culées perdues.

Il est accolé au pont de Lesdiguières² : il en est comme la corde. Ces deux ponts, trop voisins, se font tort.

Le parapet est en grandes pierres de taille debout : au-dessus de cet arc très tendu, à tympans en moellons bruts, un léger garde-corps eût mieux convenu.

Le parapet et la plinthe ont noirci.

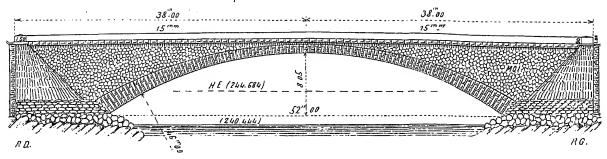
La plinthe, en forte saillie, a bien protégé les têtes.

2. Cintre. — A. - Appui en rivière. — Le cintre s'appuyait du côté de la rive droite, sur un caisson sans fond, échoué sur le gravier, rempli de béton, qui était à mortier de ciment sur les 3/4 de la hauteur, et, pour le reste, à mortier bâtard de chaux et ciment.

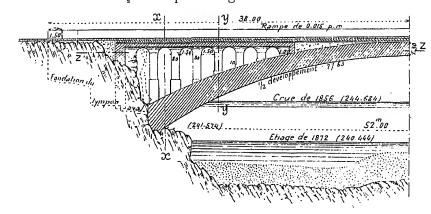
1. - A 8 au sud de Grenoble.

2. $-\hat{\mathbf{A}}^1 r^{te} (\ge 40^n)^4 - \text{Tome II.}$

$f_{_{\rm I}}$ — Élévation aval — $2^{\rm mm}$

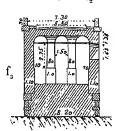


 $f_{_{a}}-\text{Coupe en long}-2^{mm}5$

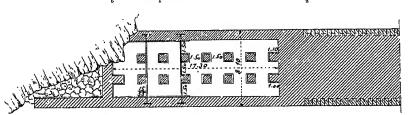


Coupes en travers

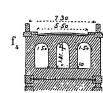
 $\operatorname{sur}\,xx\operatorname{def}_{\sharp}$



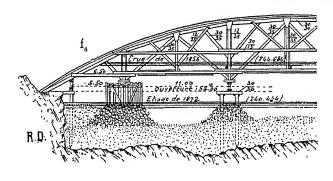
 f_s — Coupe horizontale sur zz de f_s

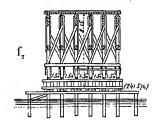


 $\mathbf{sur}\ y\,y\ \mathbf{de}\ \mathbf{f}_{\mathtt{s}}$



Cintre — $2^{mm}5$





T. III. — 7.

1

B Dépenses (supports compris): Dragages et déblais. Appuis Appuis Charpente. Charpente.	7 707 98
Dragages et déblais	7.707
Maçonnerie	5.562733
Appuls Enrochements	19.264/63
Cintre proprement dit.	110 5344114
Appuls Maçonnerie	D=1003

- 3. Fondations. On a taillé le calcaire schisteux tendre par redans paralièles aux lits des naissances, et rempli tout l'espace entre le rochier et les naissances de maconnerie de moellons de choix à mortier de ciment.
- 4. Exécution de la voûte. On l'a construite du 20 janvier au 26 février 1874, en deux rouleaux, chacun en 4 tronçons d'égal volume (S_x), commençant aux naissances et à 16^m63 de la clef, exécutés en même temps.

Aux naissances, on a posé sur cales les deux premiers voussoirs de tête (S,); entre eux, on a fait une maçonnerie provisoire à pierres sèches; les deux autres

Après le clavage du rouleau à la clef et aux reins, on remplaça la macconnerie tronçons étaient sur des taquets. à pierres sèches des naissances par de la maçonnerie pleine.

Pendant l'exécution, on changeait, au moins une fois par jour, l'emplacement des équipes de maçons « afin de ne pas accumuler sur la même partie les défauts « qui auraient pu être particuliers à chaque ouvrier. »

On a clavé : le premier rouleau, aux têtes le 31 janvier, sur le reste le 3 février ; le deuxième, le 27 février 1874.

Pour empêcher le mortier de ciment d'arriver à sleur de pierre, en douelle ou aux têtes, on a garni les joints vus, sur 2°, de plâtre qu'on a gratté en suite facilement.

Il a fallu 440 journées de maçon pour faire 827me210 de maconnerie (voûte), soit 1 mc par journée.

5. Décintrement. — La voûte, clavée le 27 février 1874, a été décintrée le 10 avril, 42 jours après. On avait, la veille, substitué aux billots des hoîtes à sable. L'opération a duré 20 minutes.

6. Dépenses.

6. Dépenses.		32.534194
Cintre		1= 10=110
	Moellons	45,435,40
Maçonnerie de la voûte	Pierre de taille	11.207171
Tympans, voûtes de déche	arge, murs et béton de remplissage	. 26.757142
Bandeaux en pierre de ta	ille 7.01514	9 15,208/35
Bahuts en pierre de taille	8.19218	G 1
Trottoirs, rigoles, perrés	et abords	8.419187
	•	1:39,563 (69)
o 8 - 11		

⁻ Le mélange : sable 1 ciment artificiel Vicat nº 1 : 1000, eau : 0 363, donnait 1-36 de mortier.

7. Mouvements dûs aux variations de température.

A. – Observations faites par M. Cendre, avant 1.879 (S₁). — A la plinthe, au-dessus de la clef, on a constaté $0^{m}007$ pour un écart de 52° (de -7° à $+45^{\circ}$); 9 fissures dans le parapet et la plinthe, se rouvrant chaque hiver et se refermant l'été : une de chaque côté de l'axe et sur chaque tête, à 27^{m} environ de part et d'autre de la clef ; aucune dans la voûte.

On a observé aussi quelques légères fentes dans les tympans.

B. - Observations saites, sur ma demande, par les soins de M. l'Inspecteur Général Rivoire-Vicat, en septembre 1,08.

Joints ouverts

Têle amont		Tèle aval		
Rive gauche Les 5 premiers du parapet et de la plin- the.	Rive droite Du 2º au 6º et le 8º du parapet. La plinthe estrecouverte de terre.	Rive droite Les 6 premiers et le 8º du parapet; le 5º de la plinthe.	Rive gauche Le 5º du parapet et de la plinthe.	
· ·	du parapet plinthe est s bouc.			

Pas de fissures dans les tympans.

8. Personnel (S.).

Ingénieurs:

Projet. — en chef, M. Berthier; — ordinaire, M. Pasqueau.

Exécution. — en chef, M. Gentil.

ordinaires: jusqu'au 15 octobre 1873, M. Pasqueau, ensuite,

M. Cendre.

Entrepreneurs: MM. Muguet frères.

SOURCES:

S₁. — Annales des Ponts et Chaussées, 1879, 1^{er} semestre, p. 5 à 27, Pl. I : « *Notice sur la* « *construction du pont de Claix* », par M. Cendre, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

 $S_z.$ — Exposition, Paris, 1878. — Notices, Travaux Publics, p. 8 à 13 : « $Pont\ de\ Claix$ « $sur\ le\ Drac$ ».

 $\mathbf{S_{a}}.$ — Ce que j'ai vu — juin 1908.

Ce qui n'est pas spécifié S, est de S,.

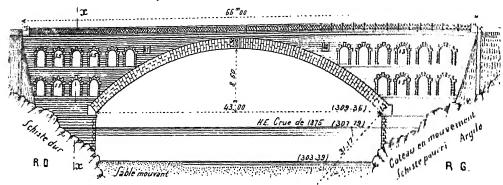
PONT DU SAULNIER (LOZÈRE)

SUR LE GARDON DE SAINTE-CÉCILE D'ANDORGE! Chemin de Grande Communication nº 13 de Florac à Aluis

> 1882 écroulé en 1912

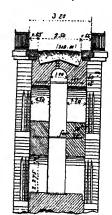
 $\widehat{\pmb{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \, r^{te} \, (\geqslant 40^m)^G$

 f_i — Élévation aval — 2^{mm} (S₁)



 f_s — Coupe en travers sur xx de f_s — 5^{mm}

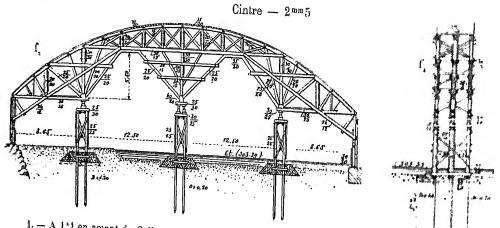
1. Pourquoi on a fait une grande voûte.



On n'a pas adopté un pont à deux arches, parce que la pile eût dû être fondée à 13^m. On voulait, d'ailleurs, exagérer le débouché, parce que, depuis la destruction des forêts qui protégeaient le sol, le Gardon exhausse rapidement son lit.

2. Cintre. — Les trois appuis en rivière represaient sur des massifs de béton coulé sur des pieux de 5^m de fiche.

Le cintre a été taillé et monté, en 4 semannes, par 6 charpentiers.



1. — A 1°1 en amont du Collet de Dèze, à 8°3 en amont de Sainte-Cérile d'Anderge, an 100 à communication n° 13 à la Route nationale n° 107 bis.

- 3. Fondation de la culée rive gauche (26 juin 9 août 4882). La culée rive gauche devait reposer, à 1^m50 sous l'étiage, sur gravier compact. Le sol de fondation était protégé contre les affouillements par deux enceintes de pieux et palplanches, entre lesquelles on a coulé du béton sur 1^m30 de hauteur,
- 4. Exécution de la voûte (21 août 4 octobre 1882). Voici les dates et durées d'exécution :

erranies argonium;		Commencement	Vehévement	Durée d'exécution en jours
Rouleaux - reparation novembra la der den Remplissage aux reins.	11 1 110	!! september	9 septembro 25 septembro i octobro	181 16 9
		E	n tout	431

Les joints des premières assises de voussoirs ont été garnis d'étoupe sur $5^{\rm cm}$ à l'intrados.

Quand les 1º et 2º rouleaux sont arrivés près de la clef, on les a clavés provisoirement au moyen de puèces de bois pour soulager le cintre.

Pendant la construction, le crutre n'a pas tassé.

5. Décintrement. — On l'opéra en trois fois :

Dates (1882)	Mansements du cintre en con	Mouvements de la vaide
		* * ·
11 octobre	10	La vente suit le cintre, sant aux naissances.
1 f escheline	æ	La 14 au soir, la voute est détachée our 17%, de chaque côte, a portir des naissances , le lendemain, sur 11% seulement
i missemiliere	35	La voute se repair completement.
e II grengen ingenen bei bei bellen eigenes. Eine II meineberant	e de la companya de l	

Le tassement total de la voite a été de ligion,

On n'y a constaté ni fissure ni écrasement (S_{i).}

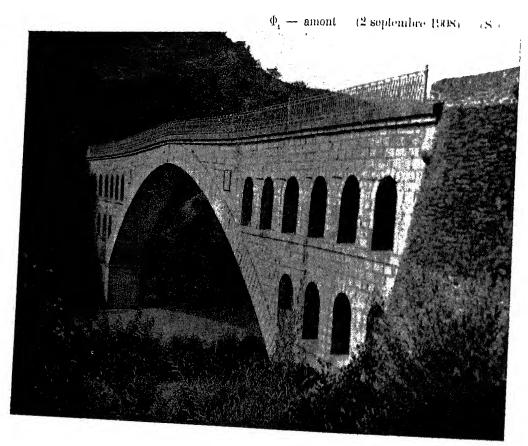
- 6. Mouvements postérieurs au décintrement.
- 4. Monvements de la culée rive ganche, Le coteau qui porte la culée 1330 ganche (schiste pourri et argile blene moniflée), s'est avancé à chaque crue du Gardon (8).

La culce rive gauche a marché avec lui, le haut plus vite que le bas. En mai 1969, son parement antérieur était en surplomb de $0 \le (S_i)$; à la maissance, il était $11 \le \text{plus}$ bas que le projet.

La culée rive droite, fondée sur du schiste en place, n'a jamais bougé.

^{2.} Le nouvement detendant, fin Pais a plus de 2000 en plan. La Route nationale n' 1075 etant déformacent, pour hondes le mon du sheman de ter le hong de cette route, on est descendu à 12 sans trouver le voltée esqu.

B. — Déformations de la voûte. — La culée rive gauche s'avançant vers la culée rive droite, la portée diminuait : au niveau des nuissances, elle étnit de 42*80 en novembre 1907 après les grandes pluies d'automne (S.); de 12*68 en mai 1909 (S_s), de 42^m65 en juin 1911 (S_s), soit, par rapport au projet, une réduction de 0°35 3.



Le dessous de la clef était, en mai 1909, de 0 "53 plus hant qu'au proper ".

de 19cm du 15 mars 1908 au 9 février 1911.

de 8 m du 5 avril 1911 au 5 juin 1911.

Si la clef a été placée à la cote du projet, elle aurait été, à cette date, pluhaute de 75cm.

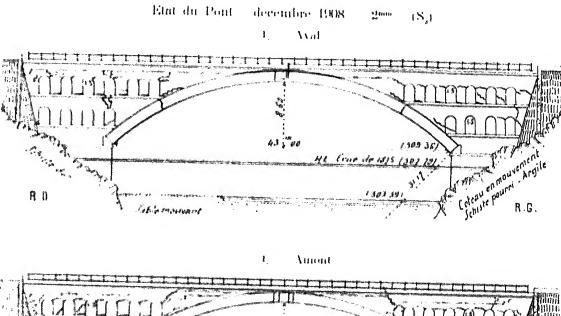
4. — Dès 1892, on a constaté un relèvement de la voûte (S_3) .

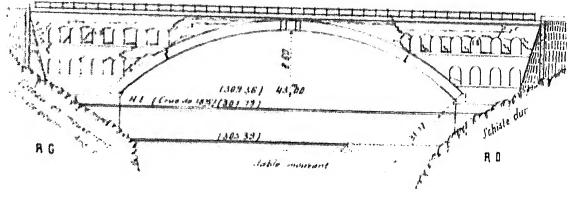
^{3. —} Un accident analogue se serait produit à un pont en maçonnerie sur l'Viente de Bucchiamico à Chieti, construit en 1896 : pont en arc de 18^m d'ouverture, i "it de fleche de 18^m d'ouverture se réduisit à 17^m de l'amont, 17^m d'ouverture de réduisit à 17^m d'ouverture de réduisit à 17^m d'ouverture de 18^m d'ouverture, i "it de 18^m d'ouverture, i "it d'ouverture de 18^m d'ouverture, i "it d'ouvert

En septembre 1908, la voûte ; à la elef, était ouverte à l'extrados et s'écrasait à l'intrados.

Aux reins, elle était ouverte à l'intrados.

A ces deux points, il n'y avait plus, pour faire passer la pression, qu'une fraction fort réduite de l'épaisseur tenviron le 1-3 à la clef, la moitié aux reins, — autant qu'on en pouvait juger d'en basi (S_i).





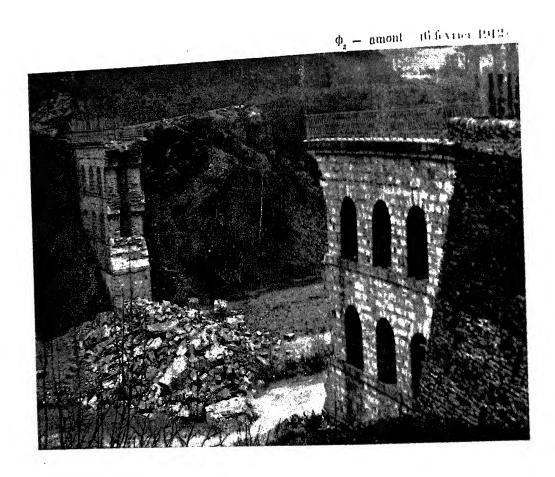
Projection horizontale de la donelle

 $C_{ij} = Differentions des tympans (S_{ij}, S_{ij} = \psi P_{ij}, f_{ij}, f_{ij})$ Les tympans étaient compés de longues fentes horizontales.

Les voûtes d'évidement, surtout celles de l'étage supérieur rive gauche, s'étaient ouvertes aux reins, et leurs pieds-droits s'étaient inclinés : il y avait, à leur pied, des ouvertures affeignant tre (S,).

Les parapets étaient déformés.

7. Chute du Pont (28 janvier 1912). — Le 19 décembre 1911. 44 3 assises de douelle se détachèrent, au milieu de la demi-vonte rive gauche es a 40 jours après, le 28 janvier 1912, à 2 heures du matin, le pont s'écronfa.



Voici les mesures faites après la chute (S₄):

1	Naissances]		Such	
			Personal appropriate	
·	amont	aval	(43324414 [†]	28.5-18.5
Distance entre culées	42 m (30)	42=57	12=17	125 111
Distance entre culées	$0^{m}40$	07 13	0100 3.3	11" 11.
Surplomb des naissances sur le socle (e	i Sulée rive	(gauche):	and a second	

Les fissures des tympans au-dessus des culées se sont refermées (S_i) .

8. Ingénieur. — Projet et Travaux : M. A. Charpentier. Agent Novement 1000 de la companie de la

SOURCES:

S_v.— Annales des Chemins Vicinaux, tome XXXIX, 1883, p. 3 à 25, Pl. 1 et II : « Notice « sur la construction d'un pont en maçonnerie au Saulnier, près le Collet de Dèze, sur le Gardon « de Sainte-Cécile d'Andorge », M. A. Churpentier, Agent-Voyer en chef de la Lozère.

Cette même notice a para dans le Portefeuille des Conducteurs des Ponts et Chaussées, 1883, 18º serie, nºs 2 et 3, p. 5 à 9, Pl. 3 et 4.

Relevés qu'ont graciensement fait faire, sur um demande :

- $S_{z^{\prime}}$ en decembre 1908, M. Chevalier, Ingénieur en chef des Chomins de fer Départementaux.
 - \mathbf{S}_{s}, \ldots en mai 1909, M. Thibeaud, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à Mende.

Renseignements qu'ont bien voulu donner :

- S_{1},\ldots,n M. Thibeaud, M. Nosley, Gonducteur principal des Ponts et Chaussées à Florac (fevruer 1912) :
- S_s à M. Mense, Ingénieur de la Compagnie PLM à Alais, M. Michel, Agent-Voyer au Collet de Dèze (février 1912).
 - S. . Ce que j'ai vu, septembre 1908.
 - S_c. Renseignements qu'a bien voulu m'adresser M. Michel (novembre 1912).

Lout e qui est saus indication de source, est de Hi.

PONT SUR LA BLACK RIVER, A ELYRIA GETATS UNIS CHOOSE

1886

A rte (Mm)

1.



1. Personnel.

Ingénieur : M. E. C. Kinney, alors Ingénieur en chet adjoint à la la la Pacific Ry ».

Entrepreneur: M. John Weller.

SOURCE:

S. — Renseignements et photographic que M. Ralph Mudjeski, « Caustilling I in mande à Chicago, a bien voulu demander à M. Kinney (mai 1906).

Dans Pa Engineering News » du 31 mai 1890, p. 506, M. Kinney donne des constants and

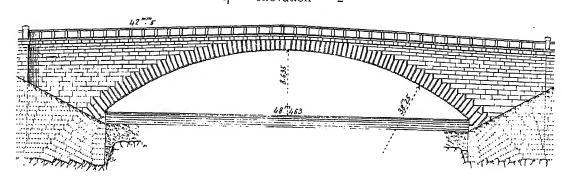
PONT DE LA MAIN STREET, SUR LE WHEELING CREEK,

A WHEELING (ETATS-UNIS - West Virginia)

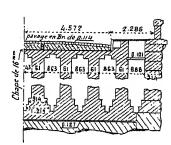
1891-1892

 $\widehat{{\textbf A}}^{\scriptscriptstyle 1} \; r^{\scriptscriptstyle le} ({\geqslant} 40^{\scriptscriptstyle m})^{\! 8}$

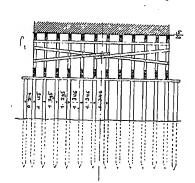
 f_i — Élévation — 2^{mm}



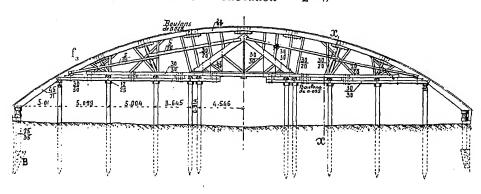
 $f_{\underline{z}}$ — Demi-coupe en travers — 5^{mm}

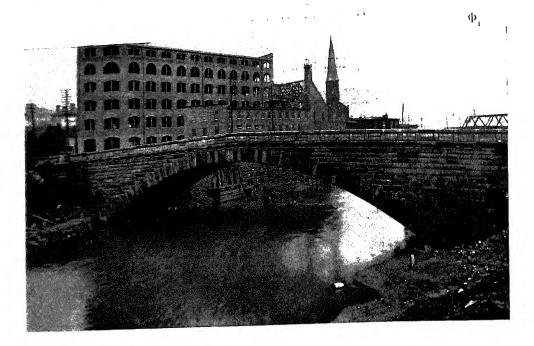


Cintre
Coupe en travers sur xx de f₃ — 2mm5



Cintre — Élévation — 2^{mm}5





1. Personnel.

Ingénieurs : MM. Hoge et White.

Entrepreneurs: MM. Paige, Carey et Cio.

SOURCES:

S. — Dessins d'exécution, photographie et renseignements, graciousement communiqués, en mai et juin 1908, par M. Malverd A. Howe, M. Am. Soc. C. E., Directeur du « Department of Civil Engineering and Architecture » du « Rose Polytechnic Institute » à Torre-Haute (Indiana).

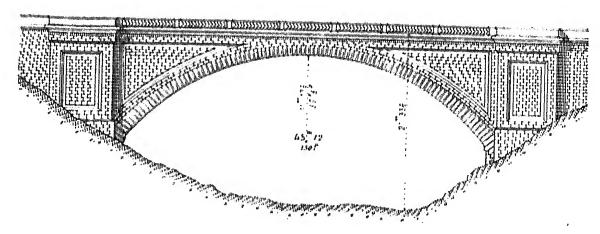
PONT DE BELLEFIELD, SUR LE CREUX DE SAINT-PIERRE,

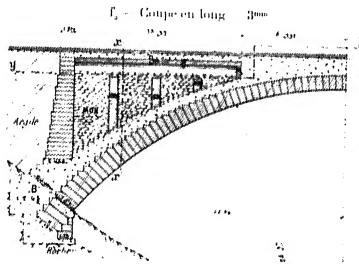
 $\lambda = PITTSBURG^{(4)} = \ell \tilde{E}TATS + UNIS, \quad \land \ Pennsylvanie)$

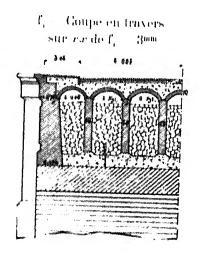
1896-1897

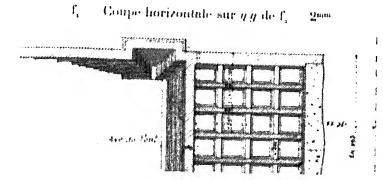
A ple Comb

Elevation 2 2000







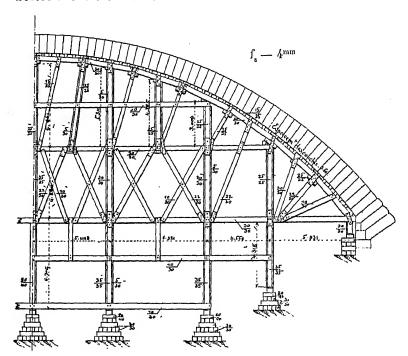


1. Matériaux de la voûte (f, f,). La douelle et les bandeaux sont en pierre de taille de 1º219 à la clef, 1º829 aux retoubées

Sauf sur 2^m13 à partir de chaque tête, la douelle porte un 2^{ms} rouleau en béton,

- L = X Pentree principale du Parc Schenley.
- 2. Restituee d'après une photographie \mathfrak{S}_{i} : p. 540.

- 2. Chape. Sous le pavage en bois de 30° d'épaisseur, est une chape en asphalte de 16 mm, sur une chape en mortier de ciment Portland de 25 mm.
- 3. Cintre. L'about inférieur des poteaux, arrondi, s'engage dans des boîtes à sable en fonte.



La partie supérieure des hoîtes est garnie de ciment pour conserver sec le sable.

Il n'y a pas de platelage. Chaque assise de voussoirs repose sur un couchis.

Les vaux sont assemblés au sommet des poteaux par des plaques de tôle. Leur extrados n'était pas en courbe; on a dû, après décintrement, retailler

nombre de voussoirs.

Au moment de commencer la voûte, les fermes furent mises exactement à leur place au moyen de coins en chêne.

- 4. Fondations. Les culées sont en béton (1 volume de Portland, 2 volumes de sable de rivière, 4 volumes 1/2 de pierre cassée à 5° ; sur le béton, 3 assises de libages.
- 5. Exécution de la grande voûte. L'extrados de la douelle a été laissé très irrégulier, pour bien lier la pierre au béton.
- « Pendant la construction..., le cintre s'affaissa et provoqua plusieurs fissures.... « L'une traversait l'arche d'une tête à l'autre, entre la 12º et la 13º assise de chaque « côté; une autre s'étendait de chaque côté, entre la 20º et la 23º; de plus, il y eut, « d'un côté seulement, 3 fissures plus courtes au-dessous des reins à une distance « de 16 à 26 pieds (4º87 à 7º92) en arrière des têtes. Les fissures avaient une largeur « de 1/16 à 5/32 de pouce (1ºm5 à 3ºm7) et furent soigneusement cimentées avant le « décintrement. » (S₁).

L'arche fut commencée à la fin de 1896, reprise en juin 1897, achevée le 18 septembre 1897.

6. Décinfrement. — Du 30 septembre au 12 octobre 1897, on enleva graduellement le sable des hoîtes, en commençant par les palées centrales.

7. Quantités. Pierre de taille pour voûte. Pierre de taille pour voûte. Magounerie 1^{pr} choix. 2.927 Magounerie ordinaire. 1.462 Bruques. 300 Beton de ciment Portland. 2.397 Beton de ciment naturel. 310

8. Personnel.

Ingénieurs :

Projet et exécution : M. Henry B. Rust, M. Am. Soc. CE. Directeur des travaux : M. E. M. Bigelow, M. Am. Soc. CE.

Entrepreneurs: MM, Neeld et Foley.

M. A. D. Neeld a fait le projet du cintre.

SOI BUE

 S_{c} . Engineering Record, 9 juin 1900, p. 530 et 531 ; « The Hellefield stone with bridge, » Pettsbury »

PONT FRÉDÉRIC-AUGUSTE

SUR LA VALLÉE DE LA SYRA, PAR-DESSUS UNE PLACE

A PLAUEN (SANE, - Voigtland)

1903-1905

 $\widehat{\mathbf{A}}^{1} \mathbf{r}^{\text{te}} (\gg 40)^{\text{m}} 10$



1. Pourquoi on a fait une grande voute. — Le pont est entre deux manufactures qui empêchent de le voir : la vallée n'est vide que sous lui, et ce vide n'est que très partiellement occupé par des chemins.

On n'y voit pas de ruisseau.

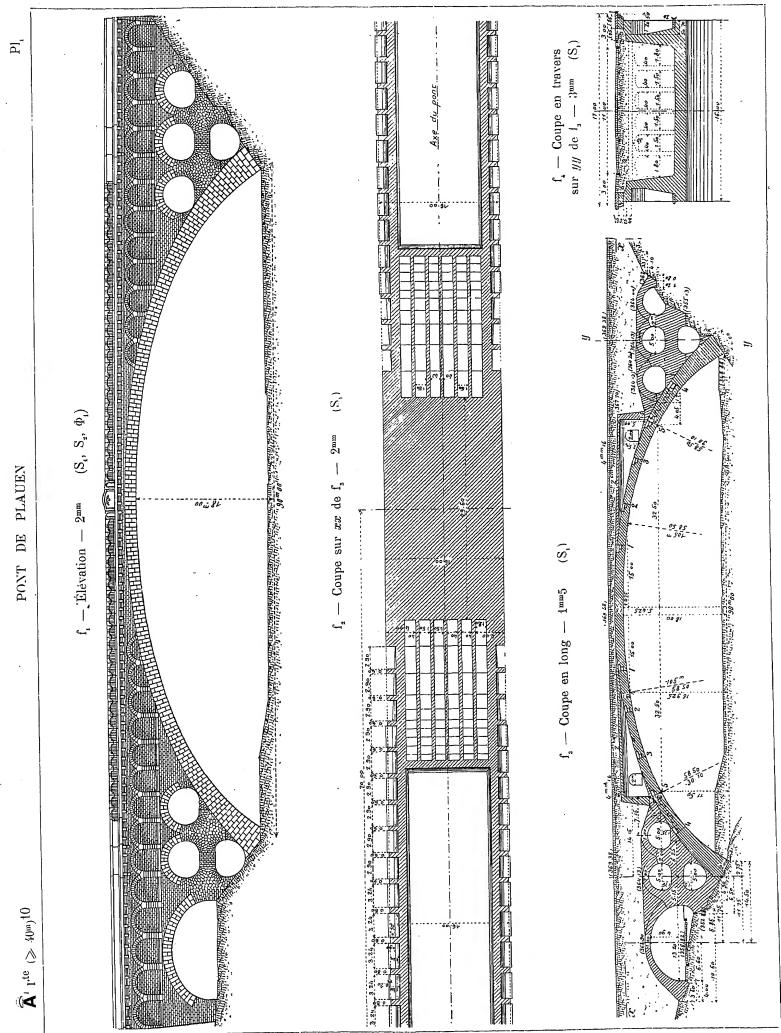
Les lieux ne paraissent pas imposer, — ni même demander, — une voûte de $90^{\rm m}$.

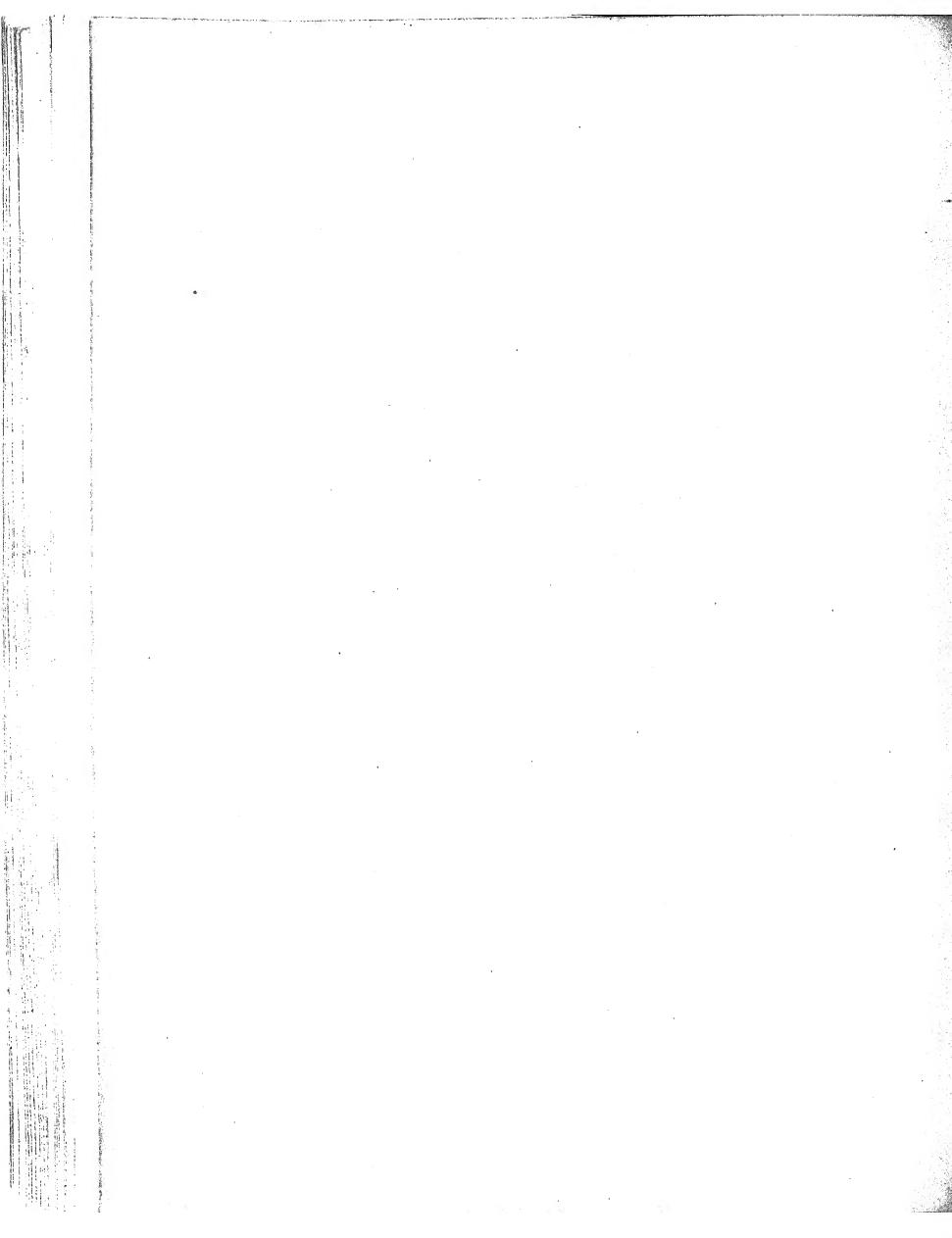
2. Pourquoi on n'a pas articulé la voûte (S₃). — On n'a pas mis de rotules :

1° - parce qu'on n'était pas sûr de leur bon effet;

2º - parce que les clavages multiples devaient assurer à la voûte, jusqu'à la fin de sa construction, une souplesse suffisante;

3° – parce que la voûte est large et que les rotules eussent coûté cher.





3. Tympans (S_1) (f_2, f_3, f_4) . — Sur les reins, l'intervalle entre les tympans est occupé par 7 murs longitudinaux supportant de petites voûtes recouvertes de fine cendre de coke. Les deux murs extrêmes, épais, à deux fruits, aveuglent les voûtes transversales d'évidement qui soutiennent le couronnement (f_4, f_3) .

Le cerveau et les retombées sont recouverts de plaques d'asphalte; au-dessus, on a rempli en terre et sable.

On a ménagé dans les tympans, à 32^m50 de part et d'autre de la clef, des joints de dilatation, remplis d'une matière plastique (S_i).

4. Couronnement. Chaussée. — Le garde-corps est en encorbellement sur dalles et consoles de granit ancrées dans les tympans : il est plein aux culées et sur les reins, – à jour au milieu.

La chaussée porte deux voies de 1^m pour tramway (S₁).

5. Matériaux.

A. Pierres. — La grande voûte est en moellons de « phylitte » de 10 à 12^{em} d'épaisseur, schiste résistant à 1580^k en moyenne (S₂), des carrières de Teuma et Tirpersdorf près Plauen, bien lavés à l'eau sous pression (S₁).

Avec ces petits voussoirs, on a employé 42 à 45 % de mortier (S₄). Cette grande voûte est donc, pour près de moitié, en mortier.

Au lieu de montrer sur les têtes les petits moellons, on a simulé des pierres de taille de granit de gros appareil, par un crépi de 1 de ciment et 5 de sable blanc de la vallée de Lauten (S₄).

On a barbouillé la douelle d'un crépi uniforme, sans lits ni joints. On dirait d'un pont en béton (S_4) .

Très évidemment, on s'est peu préoccupé de l'aspect.

B. Mortier. — Le ciment (Portland) devait avoir séjourné 14 jours au moins dans le hangar.

Le mortier à 1/3 de sable normal résistait (moyenne de 6 à 10 épreuves) : à 45 jours, à 407^k à la compression, à 40^k à la traction (S₁); après 24 semaines d'exposition à l'air, à 600^k à la compression (S₂).

- 6. Calculs. On admis deux hypothèses de surcharge (S_i):
- 1° une file de véhicules à essieux de 1^m 25, chargés de 15 tonnes, espacés de 3^m 50, avec une foule de 560^k par mètre carré;
- $2^{\rm o}-3$ rouleaux à vapeur pesant chacun 23 tonnes, avec une foule de $575^{\rm k}$ par mètre carré.

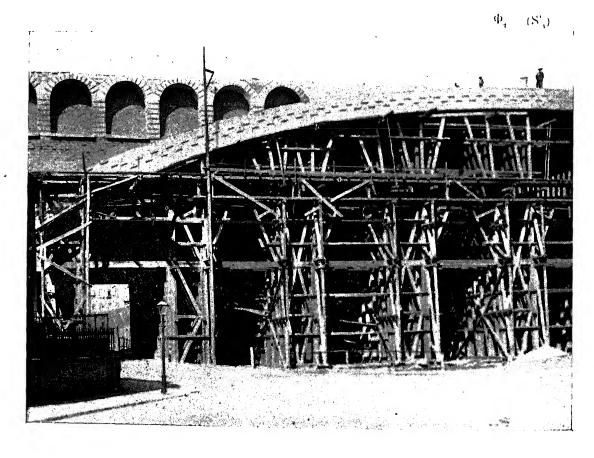
Les efforts ont été calculés par deux méthodes.

Des courbes de pression avec points de passage arbitrairement choisis 1, indiquent dans la voûte surchargée un effort maximum de 53^k 4, à 32^m 50 de la

clef, aux « joints de rupture » $(S_{\mathfrak{s}})$.

En appliquant la théorie de l'élasticité, avec l'aide des lignes d'influence, à une voûte élastique de 65^m d'ouverture, 6^m 50 de flèche, portée par deux culées en surplomb de 12^m 50, reposant sur un rocher invariable, M. le Professeur Lucas, de l'Ecole Polytechnique de Dresde, a trouvé, pour la position la plus défavorable de la surcharge et en tenant compte de la température (S₁), une pression maxima de 69^k et une tension maxima de 4^k 5 (S₂).

7. Cintre. $-\frac{r}{c}(\Phi_a, f_a, f_b)$.

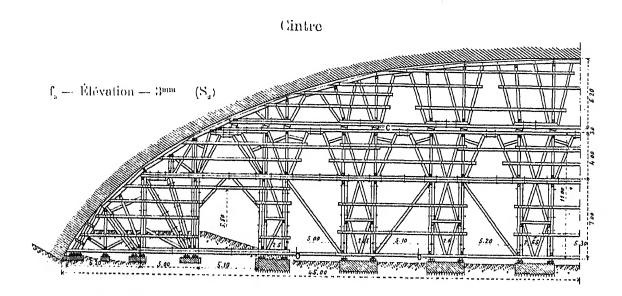


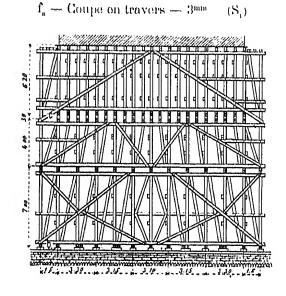
Il a 3 étages de pièces équarries : l'étage supérieur a 21 fermes reposant sur une ligne de coins $C(f_s,f_s)$ qui servent à régler la hauteur des fermes, puis à décintrer (S_s) .

Les deux autres étages n'ont que 11 fermes (S_i).

Les palées de l'étage inférieur reposent sur des plate-formes en maconnerie de ciment de 20^m de longueur.

1. « Stűtzlinien ».





En 3 mois, on a approvisionné les bois, construit le cintre (avec 40 charpentiers); on l'a monté en 14 semaines (S₄).

8. Fondations. — On a bourré les fentes du rocher de maçonnerie à ciment (béton et moellons).

Une galerie de mine abandonnée, qui passait en biais sous la culée Sud, a été remplie de maçonnerie, puis recouverte d'une dalle de béton de ciment, armé de 8 fers en \mathbf{I} de 0^m 36 de hauteur et 16^m de longueur (\mathbf{S}_4) .

9. Exécution de la grande voûte. — On l'a construite sur toute son épaisseur, — c'est-à-dire en un seul rouleau², — en 6 tronçons, séparés par des vides de 1 à 2^m de largeur, et soutenus par des étais en bois, serrés par des coins (S₂).

Les moellons étaient répartis d'avance sur le cintre, avec un poids supplé-

mentaire représentant le mortier (S2).

On avait préalablement disposé sur le cintre, dans le plan des têtes, des moules à surface intérieure grossièrement dressée avec des joints en saillie pour donner l'aspect de la pierre de taille. On jetait le crépi, à l'état de terre humide, contre ce moule, sur 7^{cm} d'épaisseur, puis on construisait la voûte, en reliant les moellons de tête au crépi avec du mortier de ciment (S_i).

Le crépi faisait ainsi corps avec la maçonnerie de la voûte, et ne s'est pas émietté, comme cela se produit souvent, quand on le pose sur la maçonnerie déjà faite (S₄).

On clava dans l'ordre des chiffres 4 à 5 (f_a), c'est-à-dire, d'abord à partir de la clef, puis à partir des naissances pour finir au joint de rupture (S_a).

10. Décintrement [11 juillet (S_s) – 7 septembre 1904]. — Sous le cintre, entre ses semelles inférieures et les socles maçonnés, avaient été disposés des billots de hêtre rouge de 7° d'épaisseur, b (f_s, f_s) (S_s) .

Pour décintrer, on les attaqua à la scie ; leur noyau s'écrasant peu à peu, on put desserrer facilement les coins entre les deux étages supérieurs (S_4, S_4) .

La voûte s'affaissa de 82^{mm} à la clef (S_a) , sans se fissurer (S_a) .

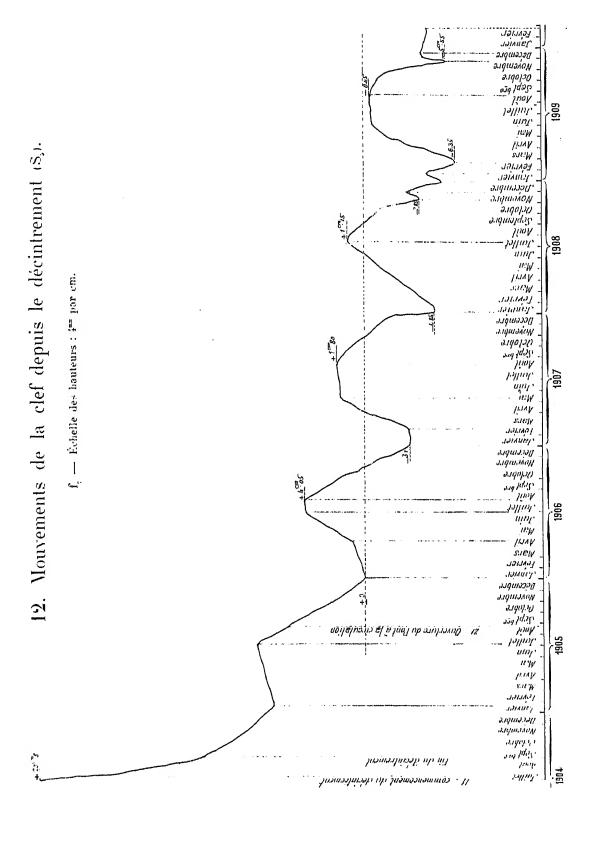
Les tympans s'ouvrirent (S₂), comme on l'avait prévu, à 32^m50 de part et d'autre de la clef, c'est-à-dire aux retombées du cerveau considéré comme une voûte élastique de 65^m sur culées en surplomb.

41. Durée de la construction. — On commença la préparation du terrain le 26 mars 1903 (S₂), les fondations le 1^{er} août, la maçonnerie de la voûte le 21 août. On travaillait le soir à la lumière électrique. On fit le dernier clavage le 8 novembre 1903 (S₁).

On reprit au printemps 1904. On construisit les voûtes d'élégissement, les tympans. Les maçonneries étaient terminées fin septembre (S₄).

Le pont fut inauguré par le roi Frédéric-Auguste III, le 24 août 1905 °.

^{2. —} Les moellons de phylitte, bien lités, ont été exactement appareilles suivant le rayon (S₂).
3. — « Im Reisen seiner Majestät Friedrich August III König von Sachsen wurde diese Brücke am « 21 August 1905 feierlich dem Verkehr übergeben, » (Inscription sur la culée rive droite amont).



13. Dépenses (S ₃) (non compris les anords).	
Fouilles	l6.831/76
Maconnerie et remplissage	465.575186
Garde-corps en fer et appareils d'éclairage	32.48549
Chaussée et trottoirs	$60.157^{\circ}50$
Divers	39.99147
	/14.1.
Total	014.741/78

14. Personnel.

Projet et Exécution : MM. Liebold et Cie, de Langebrück, près de Dresde (Saxe).

Les travaux ont été surveillés par M. Fleck, Architecte de la ville de Plauen.

1. — Plaque culée rive droite amont : « Entwurf und Ausführung Liehold a. C. Langebrück, in « Verein mit der Baucerwaltung Plauen. — Bauzeit 1903-1905. »

SOURCES:

 $S_i = Deutsche Bauzeitung, 1904 — n° 57, 16 juillet, p. 354 à 358 ; n° 58, 20 juillet, p. 361$ et 362 : « Die Syratalbrücke in Plauen, i. V » von Stadtbaurat Fleck, Reg. Bustr. a. D., in Plauen i. V.

 S_{a} . — « Mitteilungen des Vereines der Ingenieure der k. k. österr. Staatsbahnen », 1er décembre 1904, p. 139 à 142, Pl. VIII : « Die weitest gespannte Wölbbrücke der Well », von Ing. R. Jaussner, Bau-Oberkommissär der k. k. österr. Staatsbahnen in Görz.

 S_a . — Renseignements qu'ont bien voulu me donner MM. Liebold.

S₄. — Ce que j'ai vu :

S'₄. — septembre 1906. S''₄. — août 1908.

 $S_{\mbox{\tiny s}}$ — Renseignements gracieusement communiqués par M. Flock, — mars 1910.

PONT SUR LA SINGINE, PRÈS DE GUGGERSBACH² (SUISSE, - Berne³)

1906

 $\widehat{\boldsymbol{A}}^{\scriptscriptstyle T} \; r^{te} \; (\geqslant 40^{\rm m}) \Pi$

 $\Phi_1 = (S_4)$



1. Matériaux. — Tout est en béton :

en béton non armé, la voûte;

多一条,就是她是最大的人,我们也是有一个的话,他们就是他们的一个人,我们也是这个人的一个人,也不是一个人,也是这种人的,我们也是一个人,也是我们的一个是是这种的

en béton armé, les murs transversaux sur la voûte, le hourdis sous chaussée et ses nervures (f_a, f_a) .

Le parement du béton n'a pas été retouché.

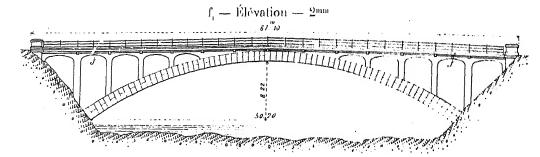
2. Joints de dilatation. Chape. — La plate-forme est coupée par deux joints de dilatation jj (f_i, f_g, f_i) , recouverts de feuilles de tôle.

Elle est, comme l'extrados de la voûte, revêtue d'une chape en ciment.

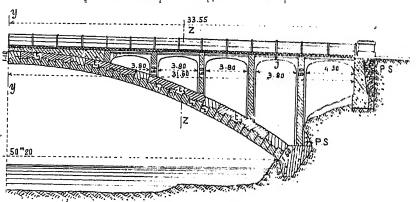
3. Efforts dans le béton armé, en kg/0m012.

La plate-forme et les nervures ont été calculées comme des poutres continues.

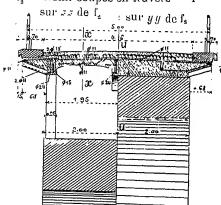
- 1. En allemand : « Sense ».
- 2. Entre Guggisberg et Planfayon (en allemand « Plaffeyen »).
- 3. Le pont relie le district bernois de Guggisberg au district fribourgeois de la Singine.



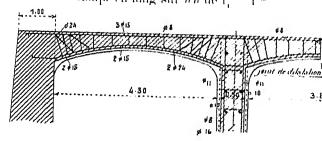
 f_2 — Demi-coupe en long sur xx de f_1



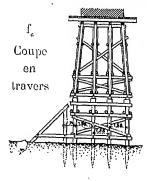
 f_a — Demi-coupes en travers — 1^{cm}



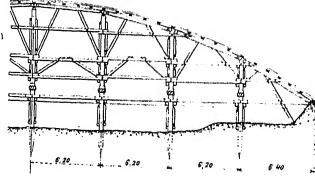
 $f_i \sim \text{Nervure du hourdis}$ Coupe en long sur un de l'₁ — 1····



Cintre — $3^{\rm mm}$



 f_s Élévation



- 4. Cintre (f_s, f_s). Il était en bois en grume, sauf les vaux et les couchis. Des brise-lame protégeaient les palées contre les bois entraînés par les crues de la Singine, dangereuses en toute saison.
 - 5. Exécution de la voûte.
- A. 1^{er} rouleau. On pilonnait le béton sur toute la largeur de la voûte, par tranches isolées t_t (f_a) (S^{**}_a); puis on remplissait, mais sur une hauteur moindre, les intervalles t_a .

On clavait à la clef, aux retombées, et au droit des points fixes du cintre, dans l'ordre que paraissait imposer la déformation du cintre.

Le cerveau du cintre avait été peu chargé : il se releva pendant la construction. On l'abaissa en le chargeant de pierres (S₃).

B. 2° rouleau (S_i). — Le 1° rouleau achevé, on commença immédiatement le second, par paires symétriques de tranches t_i de la largeur de la voûte (f_i), chaque tranche correspondant à plusieurs du premier rouleau.

6. Dates.	1906
Commencement des travaux	28 mai
Commencement du bétonnage	13 noût
Fin du premier rouleau	31 août
Fin du second rouleau	14 septembre
Achèvement de l'ouvrage	13 octobre
Décintrement	15 décembre

7. Personnel.

Projet: MM. Jäger et Cie, de Zurich.

Direction des travaux: M. G. d'Erlach, Ingénieur à Berne. Entrepreneurs: MM. Gribi, Hassler et C^{te}, de Berthoud.⁴

4. - En allemand : « Burgdorf. »

SOURCES:

- $S_i.$ Schweizerische Bauzeitung, 29 février 1908, p. 107 à 110 : « Brücke über die Sense « bei Guggersbach », M. J. Bolliger, Ingénieur à Zurich.
- S_s . Bulletin technique de la Suisse romande, 25 mai 1908 : « Pont sur la Singine à « Guggersbach », M. Am. Gremaud, Ingénieur cantonal à Fribourg.
 - $S_{a}.$ Renseignements que l'Entreprise a bien voulu donner pour moi à M. d'Erlach.
- S_* . Renseignements (S_*) et photographie (S_*) gracieusement communiqués par M. d'Erlach.

On a pris dans S, les dessins, et tout ce qui n'est pas spécifié comme d'une autre source.

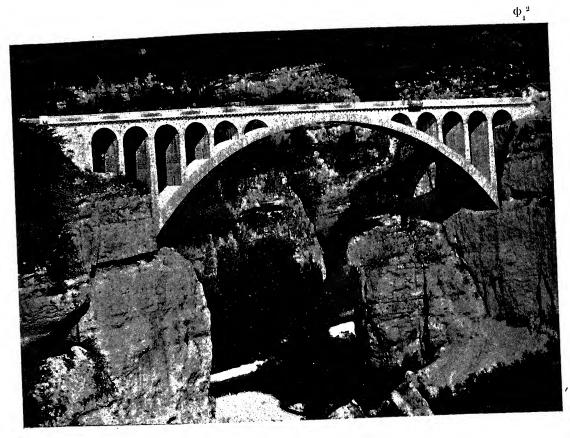
PONT SUR LA VALSERINE, AU MOULIN DES PIERRES,

PRÈS DE MONTANGES (AIN)

Chemin de fer électrique d'intérêt local à voie de 1^m de Bellegarde à Chézery et Chemin de Grande Communication n° 11

1908-1910

 $\widehat{\pmb{\mathsf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1}\,r^{te} > 40^m)^{12}$

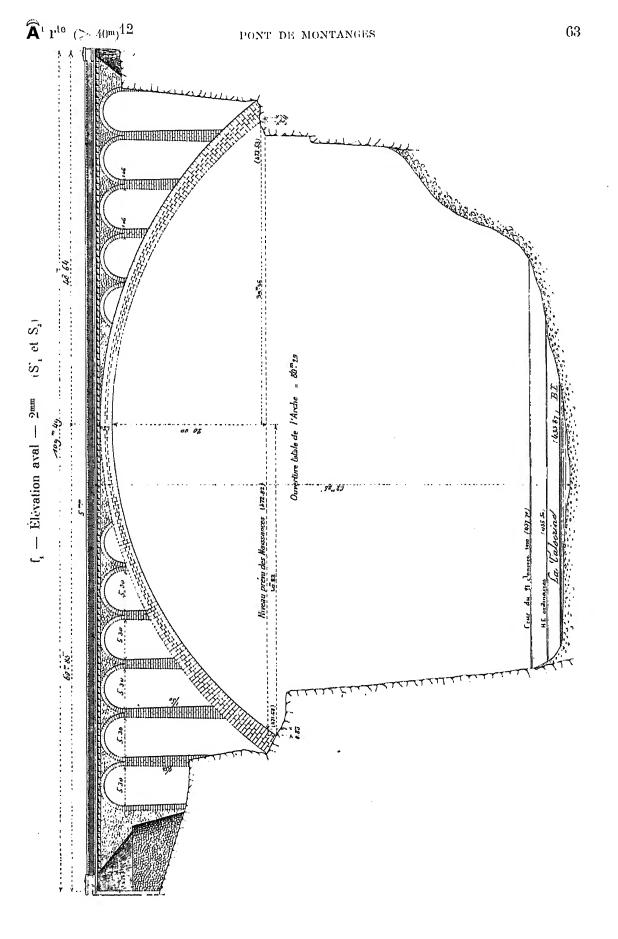


1. Dispositions d'ensemble. — Là, dans cette brèche entre ces hautes falaises, une grande voûte est bien à sa place.

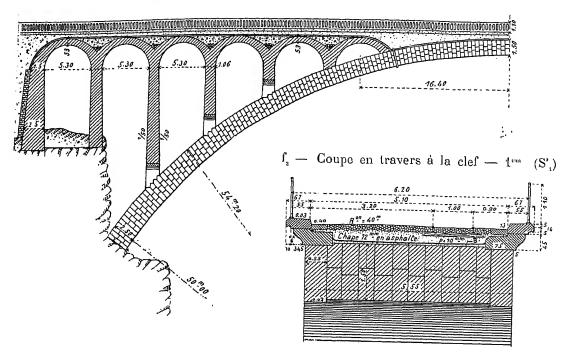
Les naissances avaient été prévues au même niveau. On a abaissé celle de rive droite au-dessous d'un banc de calcaire gélif, et élevé celle de rive gauche pour mieux placer les boîtes à sable. L'ouverture a été ainsi portée de 80^{m} à $80^{m}20$ (S₂).

Les piles des voûtes d'évidement reposent sur des gradins découpés dans la voûte sur $18^{\rm cm}$ de profondeur au plus (S_s) .

- 2. Chape. Elle a 12^{mm} . Elle est faite d'un mélange de 1 partie de bitume liquide et 3 parties de mastic d'asphalte (S_s) .
 - 1. A 8 en amont de Bellegarde (Ain).
 - 2. Cliché de M. Ed. Boulland, Photographe à Bellegarde.

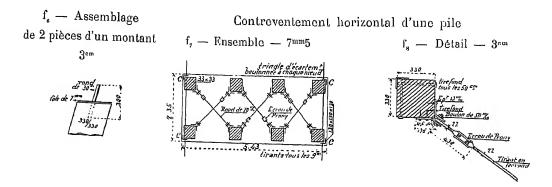


 f_{a} — Demi-coupe en long — $2^{mm}5$ (S', et S_a)

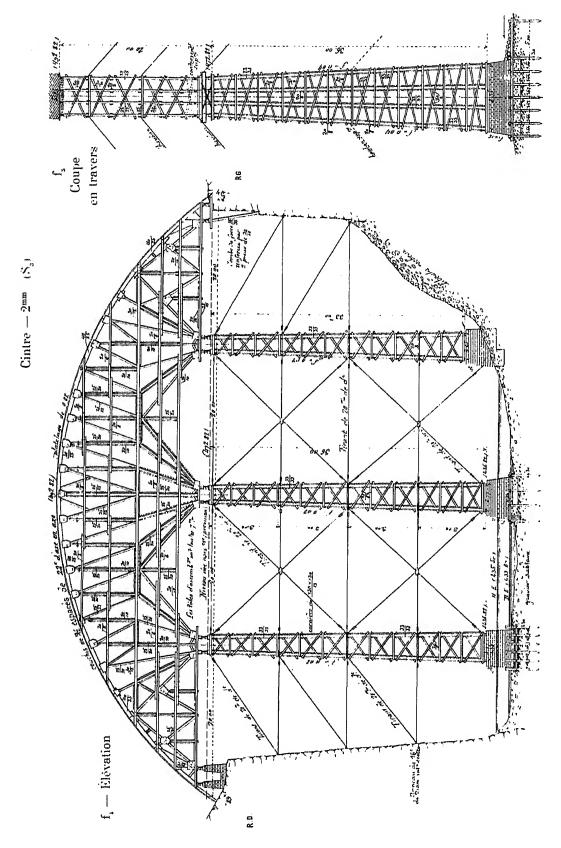


3. Cintre. — A. Dispositions d'ensemble. — Il portait sur 3 hautes piles en bois, reposant sur 3 socles en maçonnerie fondés : celui de rive gauche, sur rochers éboulés ; les deux autres, sur gravier, sable, et gros galets : celui du milieu, sur pieux à têtes reliées par un grillage, noyées sur 0^m70 à 1^m20 dans du béton immergé ; celui de rive droite, sur 0^m70 de béton, dans une enceinte de pieux (S₁).

Les poteaux des piles étaient assemblés, par longueurs de 9^m , comme l'indique f_s . Les 4 poteaux extérieurs étaient renforcés par des cornières c (f_7) .



Le cintre était tenu par 8 haubans, munis de tendeurs, amarrés au rocher (f_s) . Dans les assemblages, les abouts des pièces étaient protégés par une tôle de 1^{mm} (S_s) .



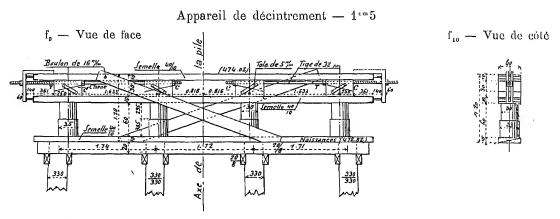
66

 $B.\ Calcul$ — Les pièces ont été calculées 3 pour supporter le poids du premier rouleau.

		Pour la	charge	
Voici les efforts :	maxima en kg/ $\overline{0}^{\mathrm{m}}\overline{01}^{2}$ (S _s):	du premier rouleau	de la voûte entière	
Couchis		77 ^k	141 k	
Vaux		66	138	
Pièces de l'étage	supérieur	20	38	
rieces de l'etage	inférieur	35	64	
Piles	poteaux, sans tenir compte des ferrures (S _a)	66	84	
(avec vent horizontal de 250° par m.g. de surface	moises	32	37	
verticale pressée)	croisillons	37	42	

C. Appareils de décintrement. — Boîtes à sable et coins. — Le sable, grillé, était garanti de l'humidité par une corde goudronnée enroulée autour du piston, et par un chapeau en tôle $(S_{\mathfrak{g}})$.

Pour augmenter au-delà de $20^{\rm cm}$ la course des boîtes à sable au décintrement, on avait disposé, au-dessus, les coins C, commandés par les tiges filetées T (f_p , f_{10}): ils n'ont pas servi (S_p).



D. Mise en place. — Le cintre a été mis en place en 110 jours, par 5 charpentiers, 5 manœuvres, 2 mécaniciens, 1 chef de chantier (S_b).

Un transporteur électrique à câble a monté le cintre, et plus tard transporté les matériaux 4.

4. Mouvements du cintre avant la construction de la voûte. — En février 1909, avant qu'il eut été chargé des matériaux de la voûte, un ouragan le fit tourner autour de son appui rive gauche, sur les semelles des boîtes à sable, de 32 cm à l'appui rive droite, 15 cm à la pile rive droite, 5 cm à la pile centrale.

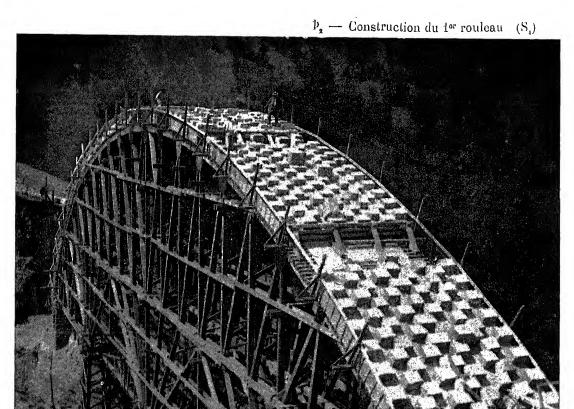
On le remit en place en tendant les haubans amont (S.).

^{3. —} avec les formules données aux Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1886, p. 503 et suivantes: « Construction des ponts du Castelet, de Lavaur et Antoinette », M. Séjourné (S_n) .

^{4. —} Il a fait alors au maximum, en 11 heures, 145 transports de 800°.

5. Exécution de la grande voûte. — A. - Division en rouleaux. Elle a été construite en 3 rouleaux :

le premier comprenait toute la douelle ; le troisième tout l'extrados ; le second, seulement la deuxième rangée de moellons aux reins.

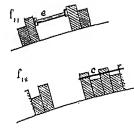


Dans tous les joints, arrosés (S_a), le mortier a été fiché, puis maté (S_s).

 $B.-1^{er}$ rouleau. — Les joints sees des retombées étaient maintenus à l'intrados par des liteaux en chêne de $10^{mm} \times 60^{mm}$; à l'extrados, par 14 cales en plomb de 14^{mm} d'épaisseur, longues de 35^{em} , larges de 16^{em} ; on bourrait l'intervalle entre ces cales avec de l'étoupe goudronnée (S_s) .

Les libages de douelle se découpent, non seulement par assise, mais aussi dans la même assise (Φ_4) . Il est alors difficile de bien poser, et surtout de bien maçonner le queutage (S_4) .

Etais c
et
Càbles c
soutenant les
tronçons
des
reins pendant
le clavage.



C. - Clavages (S_b). — On clava, des reins vers la clef, et on termina aux retombées.

Pendant le clavage aux reins, on soutenait les tronçons supérieurs par des étais e (f_n), ou on les retenait par des câbles e (f_n).

Le mortier était fiché, puis énergiquement maté à la spatule, à partir des têtes.

6. Mouvements du cintre pendant la construction de la voûte.

A. 1er rouleau (23 jain - 25 juillet 1909) (S_s). — Pendant le chargement et - Coupe en travers — la construction du premier rouleau, le haut des piles du cintre

f₁₃ — Coupe en travers du cintre, le 27 juillet 1909

s'inclina vers l'amont, le sommet du cintre vers l'aval (f_a). La voûte suivit. Le 23 juillet, sa tête aval avait une flèche en plan de 70^{mm} (S''₁).

On observa ce jour-là 4 très minces fissures aux reins, deux de chaque côté.

La plus importante « avait l'épaisseur d'une fine « aiguille » (S₂). On refouilla le joint, et on le remplit d'un coulis de ciment.

Les autres, à peine perceptibles, disparurent quelques jours après le clavage.

On ajouta au cintre des contreventements et des haubans, indiqués en pointillé sur f_ϵ et f_ϵ .

On travailla jour et muit pour claver promptement le premier rouleau.

Dès qu'il fut clavé, le mouvement en plan s'arrêta : la flèche de la tête aval était alors de $130^{\rm min}$ ($f_{\rm tr}$).

B. 2º rouleau (25 juillet – 11 août 1909). — Pendant deux jours, les tassements continuèrent, un peu plus forts à l'aval qu'à l'amont.

Voici les tassements observés pendant la construction (S_s):

Dates	(1909)		Charge en tonnes	Tassemer de la à Pamont	Différence de Inssement aval amont	
Mai	22	On commence à charger	()	0	0	()
IVIAI	2 8	i	13+	Gmm	_¢ mm	2mm
	2		40	9	13	4
1	7	On charge le cerveau du cintre.	' 8	9)	13	4
Juin	15		170	17	21	4
) /	21		180	22	28	(;
	23	On commence les maçonneries	230	23	30	7
	15		705	36	行	0
1	20	1ºr rouleau)	810	12	633	21
Juillet	24			69	108	39
Junier	$_{25}$ $\}$ ma	atin, avant clavage	1296	70	132	62
	1 so	ir, après clavage		76	145	69
1	27	2º rouleau		82	155	73
Août	21			82	155	73

7. Décintrement. — On enleva le sable par hauteurs de 12^{mm}. Le cintre se détacha vers 40^{mm}.

On constata, avec l'appareil amplificateur Rabut, un tassement de 0^m²2 à 0^m²4 à la clef.*

8. Dates (S₅).

Fouilles		mai – juin 1908
Montage d	u cintro	1° sept. 1908 - 16 janvier 1909
Grande	(Construction	18 mai - 31 août 1909
voilte	Décintrement	6 novembre 1909
volite	Rejointoiement	16 mai — 15 juillet 1910
Achèvemer	it des travaux	fin septembre 1910

Le 21 janvier 1910, une crue extraordinaire, charriant des arbres, emporta le cintre. On remboursa 21.000° à l'entreprise.

		Prix de revient							
9. Quantités	Quantités	d	es fournit	ures	de main-d	de			
et Dépenses (S _a).		A Punité	par nature de matériaux	par parties d'ouvrage	par nature de matériaux	par parties d'ouvrage	l'ensemble		
Traveux préparatoires (installa- tion, outillage) / Fouilles, pilotis, ma-		and and the state of the state		39.815′00	STORY SALES	0.023123	49.738/23		
Grand connerie	508 ^{mr} 42	60 r	5.758'53		8.240/71				
et petits Bois Cintres Passerelle de service Fors	70mr 42.595k	106°() 11606°()	37.005'20 23.375'87		23.56060				
n	232 ^m -83()	68 t	15.832'44	66.739/60		31.801/31	98.540/91 4		
Grande Pierre Bandeaux Douelle st queu- tage									
\ Transport	761 ^{me} 175	55 '	40.955°31 8.302°12						
voute Ta */, de mortier Sable (trié et lavé) Ciment	130 ^{me} 77 _± 7	1 ¹ 52 ¹	130 ^r 4.040 ^r 40 3.153 ^r 70			•			
Magonnerie et remplissage au-			***************************************	72.413'97		26.49944	98.91344		
dessus de la grande voûte Rejointoiements	•			43.366574 4.3825		19.842/83 4.317/16	63.20957 5.69946		
Garde-corps Panneaux en fonte Accessoires	~26.500 \	0+35	9.275r 440r				7777770		
Murs de soutènement et abords Travaux divers				9.715 ^r 12.647 ^r 60		2.611/08 10.312/86 3.562/15	12.326f08 22.960f46 3.562f15		
		Т	l 'olaux	246,079'91		108.870*00	354.949/97 7		

^{5. —} Annales des Ponts et Chaussées, 1910-III, p. 191 à 193 : « Notice sur les Travaux de construction « du pont de Montanges », par M. F. Lefort, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

^{6. —} Les 11 cintres des 11 voûtes d'évidement, — faites ensemble pour gagner du temps, — ont été payés au prix du cintre de la grande voûte : 115' le mêtre cube, en tout 5106' (S_a).

^{7. —} Non compris 21.000' remboursés à l'entreprise pour perte du cintre.

40. Personnel (S,).

Projet:

M. Picard, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées ;

M. Dor, Agent-Voyer en chef de l'Ain;

M. Clermidy, Agent-Voyer principal.

Execution:

M. Picard;

M. Dor;

M. Vallier, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Entreprencur : M. Petit, à Bellegarde.

SOURCES:

 $S_i,$ — Dessins d'exécution (S_i') et renseignements (S_i'') qu'u bien voulu me communiquer M. Vallier.

 $\mathbf{S}_{\underline{\mathbf{s}}},$ — Renseignements gracieusement donnés par M. Picard,

S_s. — L'Ingénieur-Constructeur, - 1910, - 15 mars, p. 129 à 143; - 45 avril, p. 177 à 207, Pl. 1 : « Pont du Moulin des Pierres, sur la Valserine ». M. A. Reynaud, Chef de service à la construction du chemin de fer électrique de Bellegarde à Chézery.

S_s. — Ce que j'ai vu — juillet 1909.

 S_s . — Annales des Ponts et Chaussées, 1911 – IV, p. 101 à 203, Pl. 11 à 14 ; « Notice sur « la construction du Pont de Montanges », M. Pienrd, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette notice était achevée avec les sources S_i à S_i , quand a paru S_i , qui a permis de la compléter très utilement.

 S_s . — L'Ingénieur-Constructeur, 15 octobre 1912, p. 385 à 516. — « Pont du Moulin des « Pierres, sur la Valserine ». M. A. Reynaud (Suite et flu de S_s).

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ 1

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CONDUITE D'EAU (AQUEDUCS)

Série A aq (2040°)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CONDUITE D'EAU

					PROJE	ET		
PONT	ENS	SEMBLE			GRAND	E VOÛTE		10
Date Symbole	Longueur de l'ouvrage Déclivité Hauteur niaxima de l'ouvrage au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeur entre tympans sons ta plinthe Fruit des tympans	INTRADOS Portée Montée Surbaissement Rayon 4	ÉPAISS CORPS CORPS Clef Retombées	TÈTES (Clef	MATÉRIAUX Mortier Poids, pour Inc de sable, de chaux ou de ciment	PRESSIONS en kg/0m01² Hypothèse adoptée Surcharges supposées	ÉVIDEMEN DES TYMPAN 20 DECORATIO DES TÊTE
de Cabin-John États-Unis 1857-1864	1.37 m	6 ^m 10	Are decercle $ \begin{pmatrix} 67, 10 \\ 17^{m}.17 \\ \frac{1}{3,84} = 0.260 $	$\begin{cases} 1, 27 \\ \text{softs} \\ \text{la conduite} \\ \text{d'eau} \end{cases}$ $\begin{cases} 2, 90 \\ \text{en dehors} \\ 6, 70 \end{cases}$	(1, 27) (1, 28	1 ^{or} rouleau : (voir col. 15) Granit Lits do 3 ^{mm} 2 ⁿ rouleau : Grès		4 voûtes transversa cachées, en plein cir
$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ aq ($\geqslant 40^{\rm m}$) $^{\rm 1}$	27 m	Pas de fruit	.10)** 878	(0, 70				2° »

r Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, page II, \mathbf{n}^n n.

(AQUEDUCS)

SÉRIE Â' aq (>40m)

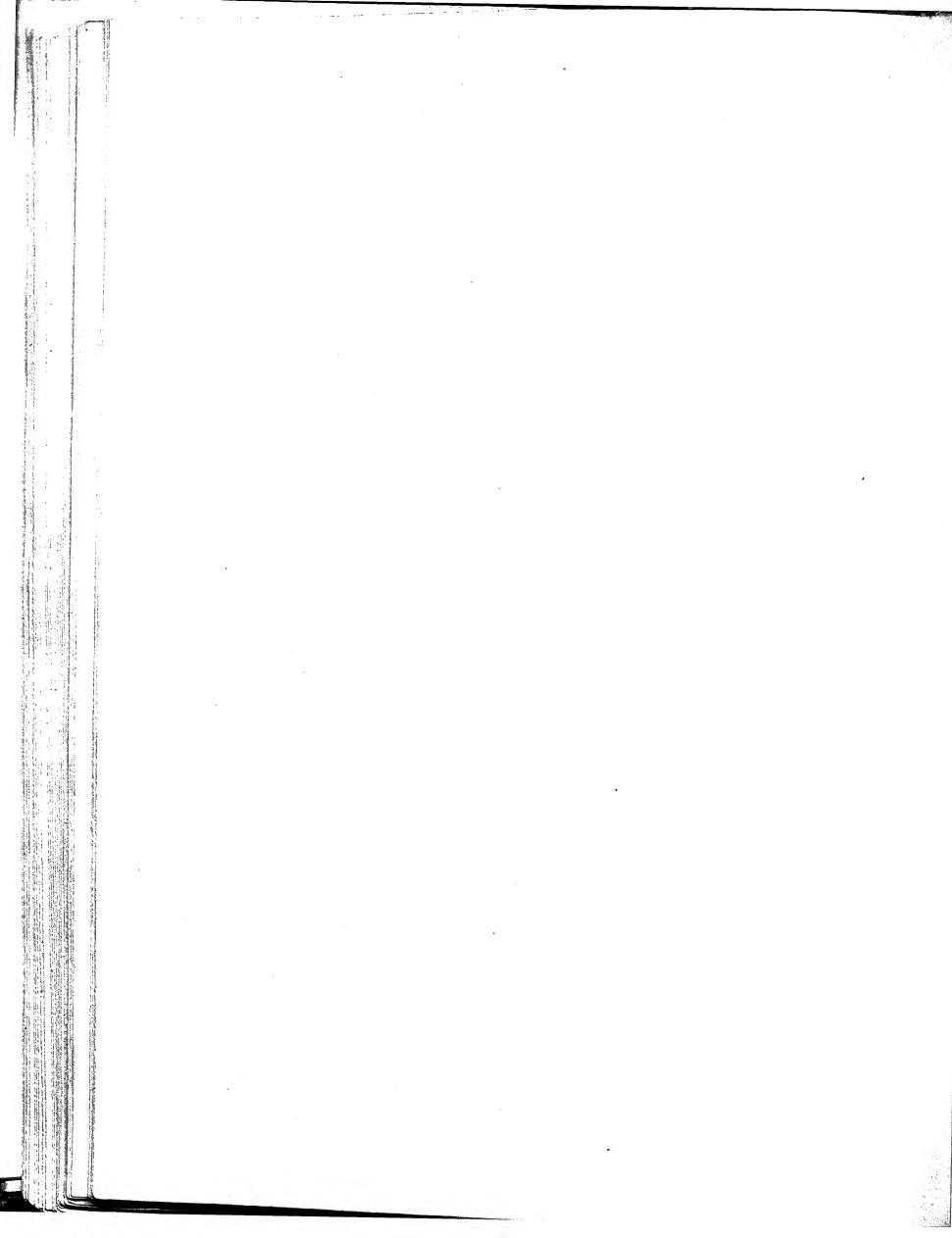
TABLEAU SYNOPTIQUE

FONDATIONS Nature du sol Profondeur sous l'étinge Pressions sur le sol en kg (0m01²) Profondeur son l'étinge Pressions sur le sol en kg (0m01²) Profondeur son bre l'épaisseur l'épa	E MAÇONNERIE MORTIER Q EPENSE D Totaux
FONDATIONS Nature du sol Profondeur sons l'étinge Pressions sur le sol en kg (0m012) Procédé 10 11 12 13 14 15 15 16 16 17 CINTRE CINTRE MODE MODE DÉCINTREMENT L'ASSEMENTS DE LA CLEF Sur d'avancement du Pont L'Etat d'avancement d'avancement L'Etat d'avancement d'avancement l'Etat d'avancement d'avancement l'Etat d'avancement d'avancement l'Etat l'Etat d'avancement l'Etat l'Etat d'avancement l'Etat l'Etat d'avancement l'Etat l'Etat l'Etat l'Etat l'Assement l'Etat l'Assement l'Etat l'Etat l'Assement l'Assement l'Assement l'Etat l'Assement l'Assem	Q EPENSE D
Profondeur sons l'étinge Pressions sur le sol en kg (pm) 2 Procédé 10 11 12 13 14 15 16 17 17 17 17 17 17 17	D
Profondedry Sons Pétinge Pressions Pétinge Pressions Sur le sol on kg (1960) 2 Procédé Procédé 10	D
Pressions sur le sol sur le sol par les de l'en kg (1901) 2 Procède 10 11 12 15 15 Procède 11 12 15 Procède 11 12 15 Procède 11 12 15 Procède 12 Procède 12 Procède 12 Procède 12 Procède 14 Procède 15 Procède 15 Procède 15 Procède 16 Procède 16 Procède 16 Procède 16 Procède 17 Procède 16 Procède 17 Procède 16 Procède 17 Procède 17 Procède 17 Procède 18 Procède 18 Procède 18 Procède 19 Procède 1	Margar N. 11 Audit
Procede decintrement Surhaussement 13 13 14 15 2 16 17 Par unité { Rocher	el
	de surface utile S _p s de volume « utile » W 4
Sapin indépendants	
n n	
n régularisa le rocher rec du béton	
	delining

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation 4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — B.



VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CONDUITE D'EAU (AQUEDUCS)

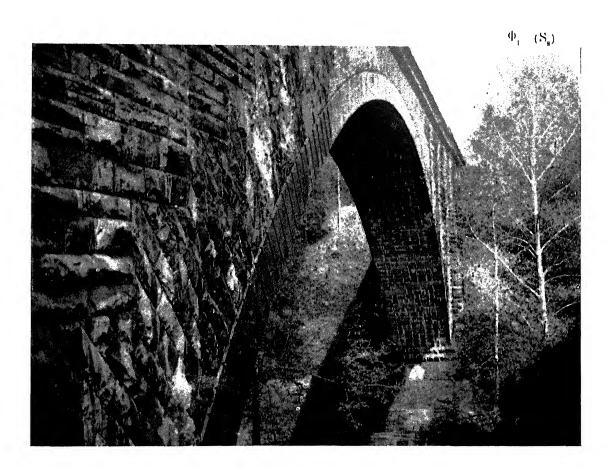
SÉRIE A aq (>40m)

MONOGRAPHIES

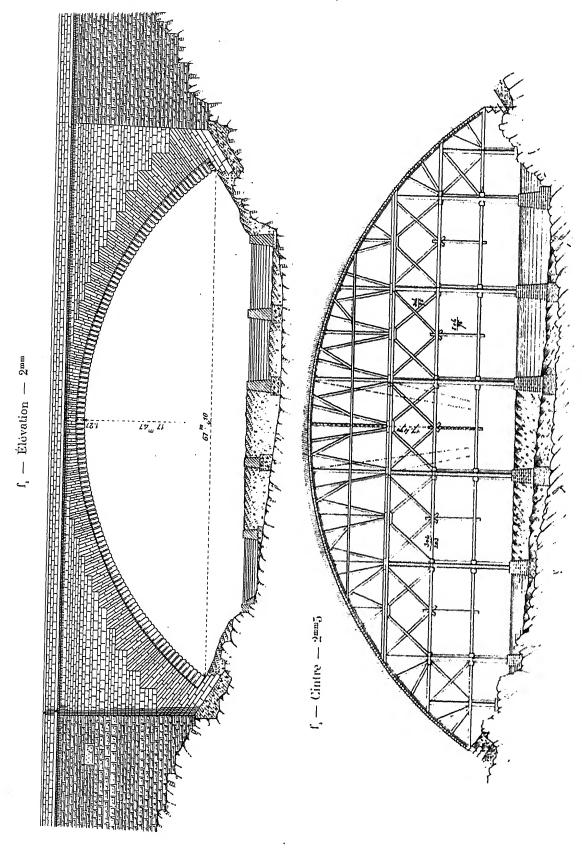
PONT DE CABIN-JOHN, SUR LE CABIN-JOHN CREEK,
PRÈS DE WASHINGTON (ÉTATS: UNIS)

1857-1861

 $\widehat{\pmb{A}}^{1} = \{(m)\}$

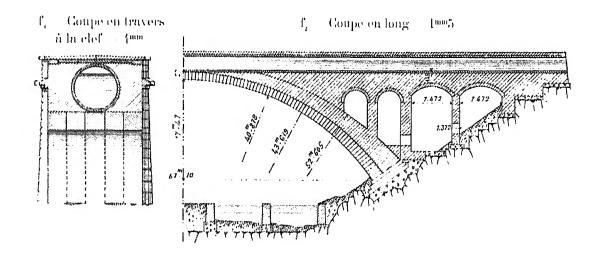


1. Conduite d'eau sur l'ouvrage. — Le pont porte une conduite circulaire (f_i), dans laquelle passe l'eau d'alimentation de Washington, prise au Potonne.



2. Voûte en deux rouleaux indépendants.

Le deuxième rouleau est échancré au cerveau par la conduite d'eau, laquelle, à la clef, s'appuie sur le premier.



- 3. Fondations. On a régularisé la surface du rocher avec du béton, sur lequel on a placé un large sommier fait de 3 assises de granit.
- 4. Décintrement. La voûte, achevée en hiver, se détacha d'elle-même du cintre, l'été suivant."

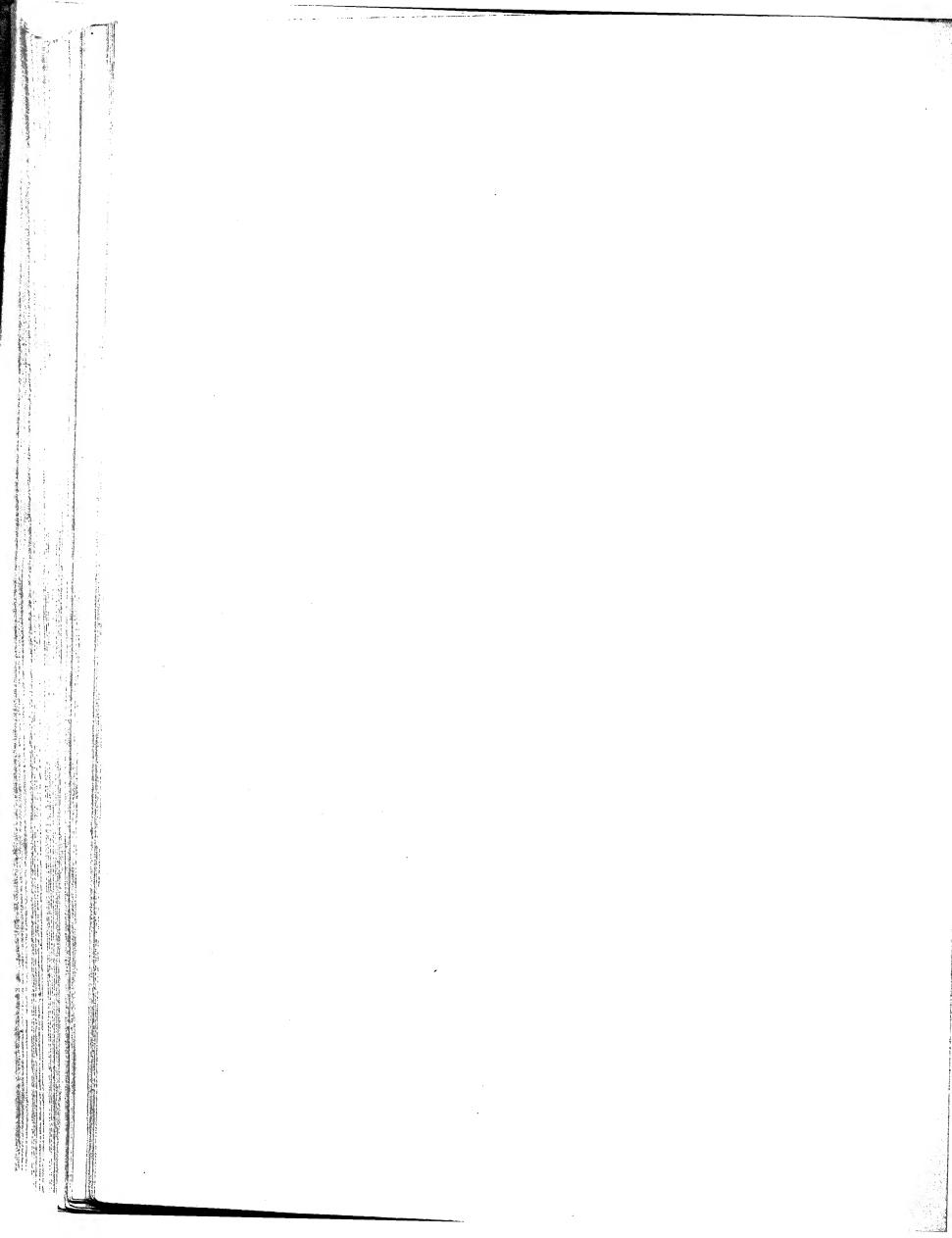
5. Ingénieur. — Général Meigs.

- 2. Zentralblutt der Bauverwaltung, 5, 8, 19 septembre 1906, p. 155 à 458, 462 à 465, 483 à 486 ; «Fortschritte im Bau weitgesprengter flücher massirer Brücken, vom Landeshaurat Leibbrand in «Sigmaringen».
- 3. « Renseignement gracieusement communiqué par M. Malverd A. Howe. Directeur du « Rose Polytechnic Institute » à Torre Haute (Indiana).

SOURCES:

S_c — Collection des dessins distribués aux Élèves de l'École des Ponts et Chaussées, Serie 3, section Λ, Pl. 9 et 10 : α Pont de Cabin-John ». — Légendes explicatives des Planches, Tome II, p. 27 et 28.

S_s. — Ce que j'ai vu — mai 1905.



VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ 1

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série $\widehat{\mathbf{A}}^{1}\mathbf{F}^{\mathbf{r}}(>40^{m})$

			-	**************************************	The state of the s			
DANT	EN	SEMBLE			GRANI	DE VOÛTE		
PONT	Longueur entre abouts des	entre parapets	INTRADOS		SEURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	
Date	parapets Déclivités Hauteur	entre tympans sous la plinthe Fruit	Montée	CORPS	TÈTES (Clef	Poids,	en kg/(0 ^m 01 ²) Hypothèse	TYMIPAN
Symbole	maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	des tympans Revanche du rail	Surhaissement Rayon	Clef Retombées	Retom.	pour Ime de sable, de chaax ou de ciment	adoptée Surcharges supposées	DECORATION DES TÊTE
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maretta	77 m	. \ 8 ^m 00	Are de cercle : aux têtes : 42 ^m 92	\ \ 1."80	(1, ^m 80	Briques s'ecrasant à 5457 (paraissant	Pression maxima	10
$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \ \mathrm{F}^{\mathfrak{e}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{\scriptscriptstyle 1}$	ļ	, »	42, 92 sur l'axe :	[]	()	bien conservées)	à la clef :	Pas d'évidemen
Prarolo Prarolo	8mm	Fruit $\frac{1}{20}$	40, 00	§ 3 ^m (()	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	Dimensions: Longueur 2008 Largeur 1308 Epaisseur: 615, 617, 72	12451	20
$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle{\mathrm{1}}} \ \mathrm{F^r} (\geqslant 40^{\scriptscriptstyle{m}})^2$ $Italie$. 1 ^m 2()	$\frac{10^m}{4} = 0.25$			Briques spéciales en douelle	. Méry	33
1851-1852	28 ^m		25 11			Lits de mortier de 6 ^{mm} au plus	90004 par m. e ^t	
Isoladel Cantone (Pont en amont et Pont en aval) Italie 1852			40, 00 °°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°			Briques		
$\mathbf{\widehat{A}}^{1} \ \mathbf{F}^{r} \ (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{3} \ \mathrm{et} \ 4$ de Calcio	121 m 77	\(\sigma 8^m 00 \)	Are de cercle	(140	1,"00	Briques	Pression	1242
Italie	6	(7" 50	42, 00 11" 90	2"38	1"60	rouges de Crémone s'écrasant à 335°	maxima : Clof : 12 ^k Retombées : 23 ^k	d'évidemen 20 Bandenus 8 assisses
1877–1878		Pas de fruit	$\frac{1}{3,520} = 0.283$	tij ressauts de rij ^{ra}		Dimensions:	u	suillie, pouis on retraction (nelres den les tyrogen
$\widehat{\widehat{\mathbf{A}}}^{1} \ F^{r} (\geqslant 40^{m})^{7}$	15 ^m 75 fond du lit	()m (j()	24m.179	à l'extrados		Chaux hydraulique de Palaszolo = 150%	8000° par m. ct	Angles des pitestre àgres besseu
Gour-Noir	108m46	$\begin{pmatrix} 8^m 00 \\ 8^m 60 \end{pmatrix}$	Are de cerclo au niveau des fondations:	1.70		Bandenux et Douelle : PT Bossages de 25 a 40	A la clef : Pression :	10 O voites fransversal
France .	9111	Runit 1	62, ()() aux retombées :	1 4"20	1 37770	Queutage : MEV ¹ Granit de Cabirol	11103 1686	vues, enplein eins de 4=30,
1888–1889	RG	Fruit $\frac{1}{20}$	160, 00 16" 10	THE BARRY IN THE STATE OF THE S		Parchivotte est en granit de Lonzac Au-dessas de 18/16';	Mêry	sur piles de 0=95
Â ¹ F'r (≥ 40m)6	20 m 20	1 ^m 0(5	$\frac{1}{3,726} = 0,268$		1	Cinent artificiel Vicat nº 1 - 650k Andessans ; Ciment - 8002	и	Archientie

^{1 —} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, page II, nº o.

A VOIE NORMALE

SERIE $\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle{\mathrm{I}}}$ $F^{\scriptscriptstyle{\mathrm{F}}}$ $(\gg 40^{m})$

TABLEAU SYNOPTIQUE

1							TABLEAU	SINOPTIQUE
			EXÉC	UTION		and a sales	· P. S. Service -	CUBE DE MAÇONNERIE
			GR	ANDE	VOUTE			A MORTER
FONDATIONS	marks (a)	/1 ¥ 81 fp		-	1	1		Q
Nature du sol Profondeur]	CINT	-		MODE	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS	DEPENSE
sous l'étinge	16.16.1	RMES	Cube de Poids e		MACALITY	Etat	DE LA CLEE	D
Pressions sur le sel	Type	Nombre	Déper		DE	d'avancement du pont	cintre t	
on kg (00012	Matière	! Epaisseur Ecurtement	A Comment	par mq	CONSTRUCTION	Temps entre le dernier clarage	au décin- t',	Totaux et
Provéde	Appareils de decintrement	duxe en axe Suchaussement	Tolaux	de donelle		et le décintrement Date	après t "	par unité / de surface utile Sp# / de volume « utile » W 4
10	11	14	13	11	150	10	17	18
Maretta	Le menu	ceintre a serv	i jour les 2	pouts.		Marc	·lla	Maretta
Roc vif	Retroussé					11	t. 180mm	
- 3m	sur jum	7	Chène 111 me 7			1)	"	$rac{Q}{Q} = rac{17078^{me}}{27^{me}72}$
Prarolo	Type	Aderive 11)	Máléza (3Gmm7)		!	14 février	t _v 15mm	Q: W == 1mc 10
Ru: Roc	Pont de Nemilly		Bors 118 mg 2	me 😏		Prar	olo	$10 \sim 450502^{\circ}$
no: Argile	Chene	111		7	1	Voiite nue		D: S _a = 731/3
compressible Grillage	tMorses horizontales		Fera 72()*	[k ()	,)	, value nue))	$0.5_{V} = 27/2$
en chène	en melezes	27 Omm	Dép. 26400°	71 ^r	i !		t' 80mm	D: Q = 26°4
et grand	í i u		quour chaq	'_				1
emputement	÷		1	are former				Prarolo — un peu moins cher .
1 1 1						A l'un des	s ponts :	
	i					1) 1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	*
			i			30 jours »	t , 35mm	,
						A l'an	tre:	
	1					13	n	
	:		i		 -	60 jours	t, 50mm	•
	. 1		 					100 m in 1
Gravier valeaire	Fixe	7	118 ^{nc}	I ^{nic} ()8			t _a 800m	
}m⊴t) sous les caux		1 1	110	1 (76)			e	$\rm D = 300000^{Lires}$
they have	1 *	1 300	5675 ^k	146		32 jours	t , + t , u m	environ
Beton		**	33958'	8714		<u></u>	18mm	$D: S_{p} = 307^{1}9$
dans time enceinte	, :		00000	(1)		ч		$D: W = 27^{1}5$
de jame pont if s et judjdine hes	Houtes a sable	15000						
à la jairtie superieure	1							
*	Fixe				A partir de		***************************************	
1.0	Lym	{ 7	515 ^{mc}	() ^{me} 71	A partir de 18° 16' de la clef:	Gerveau de la voûte		Q 6717 ^{mc}
Grand dar	Pont de Lacaur	25.00		. Ne de la c	3 rouleaux.	(847-88*) chargé de 175**	t _e 11 mm	$Q:S_{\mathfrak{p}}=7^{\mathrm{me}69}$
Em 35.	A' 1º c 10º c l' Clonic H5	100	20695k	58r 0	Au 1ºr roul.;	de moellons		Q: W = 0 ^m \(\overline{5} \)
	Sopon	1****	573601	7912	8 trongons,		ť	$D=334/331^{\circ}$
	du Iura				21 clavages.	52 jours	Cher: 1mm3	$1): S_p = 383^r 2$
Pression	p_{wux}	Hlmm			Aux		A 15" : 0""8 A 35" : 0""3	$0: \mathbb{N} \longrightarrow \frac{22^{r}3}{r}$
maxinm : 988	en chene	* 6 + 6 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 +			2º et 3º roul. ;	28 septembre		D: Q 49'8
	Boales				8 tronçons, 5 clavages,	,		The second secon
	a salde				o ciavages.			
•	•							i .

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 + A. 3. Sp.: Longueur (col. 2) - Largeur entre parapets (col. 3) -- C'est la surface offerte à la circulation.

4. W Surface vue de l'élévation - Largeur entre parapets. 5. W = Surface de l'élévation au dessus des fondations > Largeur entre parapets.

Pour Sp. W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 + R.

		and the state of t	PROJET						
:	LVSI	MBLE		G	RANDE	VOÙTE	- :	10	
PONT	Longueur	Largeurs	NTRADOS	ÉPAISSE	URS		PRESSIONS To LEGISLATION OF THE PRESSIONS TO THE PRESSIONS TO THE PRESSION OF	DES VIDEMEN	
Date	entre abouts des parapets Doclivités	sous la plinthe	Portée de Montée	corrs!	İ	Mortier Poids,	Hypothèse :	TYMPAN	
Symbole	Hauteur	Fruit des tympans Revanche du rail	Surbaissement	Clef + Retambées	Clef Retom- bies	pour twe de suble, de chause ou de ciment	adoptée Surcharges supposées	2° decorate des teti	
1	ou de l'étinge	sur l'extrados	4	n .	6	. 7	s İ	9	
Pouch	56 ** 03	(voie en courbe de 600m	$m{47}^{ m m}_{ m 85}$	1.50	1,50	Bandcaux et Douelle : PT ¹		4 voute transversi vues,	
France	10000	$\begin{cases} \frac{\text{de rayon}}{8^m 30} \\ \text{Fruit} : 1/33 \end{cases}$	13''' 00 -1 -3,68 0,272	2" 627	2" 627	Queutage : MEV ¹ Granit		enplein cit de 4m9(sur pile de 1m1	
1890 Ā ¹ F'r (> 40m) ⁷	15 ^m 42	()m <u>0.5</u>	28#51			Chaux du Teil - 350¢		20	
Freyssinet	51 11 79	8 ^m 25	Are de corcle 45, 00	\1. ^m 50	\ 1 ,"30	Bandeaux et Douelle : PT)		4 voûte transvers vues enplein ci	
France 1890–1891	1(1111111111111111111111111111111111111	(7 % 65 Fruit : 1/33	$\left\{ rac{14'''00}{4.09} + 0.245 ight\}$	2" 15	2 1/13	Quentage : MEV Genuit Ciment de Boulogne		do fmg sur pil do fm	
. Ā ¹ F ^r (≥ 40 ^m)8	1:3m1(5	()m()2	28#51			500%		,	
Jaremcze	185***	(4 ^m 50	Are decercle $(65^{\mathrm{m}},00)$. 47^{m} 90	\2.º 10	2,"10	PT Grés (480k à 1180k) Aux voussoirs du queutage on acceptait un démaigrissement de 18 de la surface de lu		8 voû transver vue: eupleine	
Autriche 1893–1894	1111111	Fruit : 1 20	$\begin{cases} \frac{1}{3,63} & 0.275 \end{cases}$	3", 10	3# 10	Ciment Portland de Szczakowa (Galicie 19m 285	Ave élastian	de 3m	
$\widehat{m{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \; \mathrm{F^r} \; (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{rac{r}{2}}$	27 m	1 ^m 4()	38#451		1	Joints de 18 ma au moit	15		
Jamna Autriche	121m 8()	\(\frac{4^m}{0}\) 50	Are do cerele 48, 00 12 ^m 00	1.70	\ 1;"70	PT Grés En donelle, mêmes epaisseurs d'assises qu'aux bandeaux	Pression maxima (sans surcharge 2544	6 voû transve vue enplein de #	
$1893-1894$ $\widehat{\mathbf{A}}^{1} \ \mathrm{F}^{r} \ (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{10}$	19 ^m 19	Frui(: 1/20)	$\left(-\frac{1}{k^{+}} - 0.25\right)$ $30m$	1 2 60	2" 60	Aux voussoirs du queutar ou acceptait un démaigrissement de 1/8 de la surface de li Ciment — Om 287	. Are emsuqu	24	
Worochta	»	4 ^m 50	Are de cerel (40, 00	e 1."40	1, 1(PT + Grés En douelle, mêmes épaisseurs	Pression maxima usans surcharg	fransver	
Autriche 1893–1894	12mm	Fruit : 1/20	10" 00	1 2" 20	1 2"20	d'assises qu'aux bandeaux Aux voircoire du queux ou acceptait un demaigntee ment	2184 Are élastiqu	en plein de :	
A ¹ 17 ¹ (≥ 40m)11	16 ^m 20)	25111			de e e de la surface de Centrent — Om 28			

^{1.} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6.

A VOIE NORMALE

SÉRIE $\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ $I^{\scriptscriptstyle (r)} (> 40^{m})$

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

			EXÉCI	UTION			į	CUBE DE MAÇONNERIE
			-	-		A MORTIER		
FONDATIONS)		ANDE	!			\mathbf{Q}_{\perp}
Nature du sol Profondeur	 1416.1	RMES	Cube d	e bois	MODE	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	dépense D
sous l'étiage Pressions sur le sol	Type Matière	Nombre Epaisseur	Poids Dépe	de fer	DE	État d'avancement du pont Temps entre le	sur t	
en kg= ()#012 Provedé	Appareils de	I Bountament	Totaux	par mq de douelle 2	CONSTRUCTION	dernier clacage et le décintrement Date	nu décin- t' frement nprès t "	$\begin{array}{c} et \\ -par \ unité \left. \right \ de \ surface \ utile \ S_p^{-a} \\ -de \ volume \ \alpha \ utile \ s \ W \end{array}$
ļu	. 11	10 (13	. 11	15	16	17	18
Rocher très rèsistant	Fixe Type	, 6			3 rouleaux.	11		$egin{array}{ll} \mathbf{Q} & \cong & 4393^{\mathrm{me}} \ \mathbf{Q} & \mathbf{S}_{\mathrm{p}} & \cong & 8^{\mathrm{me}}30 \end{array}$
1m á - 2m50 - m	Pont Antometic	; /			Aux ler of 2º roul.:	55 jours	t, 2mm2	$Q:W_{-\infty}(0_{m_0}\Omega)$
Rocher taillé - suivant le dernier lit	(Lone II)				8 fronçons,	, , , , , ,		$egin{array}{cccc} oldsymbol{\mathrm{D}} &= oldsymbol{143866}^{\mathrm{c}} & & & & \\ oldsymbol{\mathrm{D}} &= oldsymbol{\mathrm{S}}_{\mathrm{b}} &= 288^{\mathrm{c}}4 & & & & & \end{array}$
Surface règularisee au béton de ciment.	Hortes a suble			;	au 3° rouleau: 4 tronçons.	ł août		$\begin{array}{ccc} D: W & 20^{\circ}6 \\ D: Q & 32^{\circ}8 \end{array}$
Rocher trés résistant					2 rouleaux.	13		$Q = 4.336^{\text{me}}$ 0: S _n = $40^{\text{me}}03$
[m /i 2m5()	le cintre	On a reen du Pont de Pi	and the	(40 ^m) ⁷	A chaque rouleau,	137 jours		$\begin{array}{c} Q: S_p = 10^{me} 03 \\ Q: W = -0^{me} 82 \\ D = -137418^{f} \end{array}$
п					8 trongons.	6 avril		$\begin{array}{c} D = 1.57418 \\ D : S_p = 317^{19} \\ D : W = 26^{6}1 \end{array}$
);				•				$D: Q = 31^{r}7$
e Rocher Gres	Pixe	3			3 rouleaux.	Tympans achevés	t _e 115 ^{mm}	
4	aj.	/ "			Anterrouleau; 8 tronçons.	11	$\mathbf{t}_{v}^{\prime}+\mathbf{t}_{v}^{\prime\prime}$ (30)nm	
н					Aux 3 rouleaux, moellous posés à sec,	Aoûl		
A sec	Cange	Lithum	! !		puis joints matés.			
	e	difference on materials			2 rouleaux.	Tympans achevés		
Racher	Fixe		Reculation of the Control of the Con		Au I ^{or} rouleau: 6 tronçons	ł	t _e 105 ^{mm}	
		Littum						
Rocher Grés		i) 		A pleine épaisseur.			
	: :	;						
		1		i				

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 + A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) + C'est la surface offerte à la circulation.

4. W Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

5. W Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 + B.

						PROJE	er		
		ENS	EMBLE			GRANÎ	DE VOÙTE	0 I	O .
PONT	r	Lonqueur	Largeurs	INTRADOS	ÉPAISS	EURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	ÉVIDEM
Date		entre abouts des parapets Déclivités Hauteur maxima du rail	(entre parapets entre tympans sous la plinthe Fruit des tympans	Portée Montée Surbaissement	corps	TÈTES Clef	Mortier Poids, pour 1m de sable, de chaux	en kg 0m01 ² Hypothèse adoptée Surcharges	TYMPA 20 DECORA
Symbo	ote	au-dessus du sol ou de l'étiage	Revanche du rail sur l'extrados	Rayon	Retambées	Retom- lives	ou de ciment	supposées 8	DESTE
sur la Gutac Allemag 1899-19	ch ijne	140 m 82	3 \int S^m 00 \int P^m 20 Fruit: 1/30	Are de cercle $\begin{pmatrix} 54^{\text{m}}, 00 \\ 16^{\text{m}}, 10 \\ \frac{1}{3,974} = 0.251 \end{pmatrix}$	\ \ 2" \ \ 2" \ \ \ 2" \ \ \ \ \ \ \ \ \	\ 2,"()() / 2,"()()	PT Grès des Vosges (Saverne) (400k à 600k) Ciment Portland Schifferdecker		10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 1
Â ¹ F ^r (≽ 4		34 m	1m 15	39# 851			Om 333 Sable de la Gutach		1 nt 20, 1
Schwändeho Allemag 1899–19	olzdobel gne	118 m 93	(voic en courbe de Fuor de rayon) A m A() Fruit: 1/30 1m 20	Are de cerele $ \begin{array}{c c} 57, 00 \\ 44^{m} 25 \\ \frac{1}{4} = 0.25 \end{array} $ $ 35 m 625$	\ 1" 80 2" 60	\ 1,"80 2mga	PT Grés porenx, gelif. On relusa brancoup de voussoirs Ciment Portland Schifferdecker Om 333	The second secon	8 vou transver vue en plein de 3 ^m sur p de 1 ^m 1 ^m 20,
Chemra Allema 1901–19	nitz gne 002	116m 10mm9 10m 25	$\begin{cases} y \\ 2^m 70 \end{cases}$ Fruit: 1/10	Are d'anse de panier 45, ()() 8 ^m 60 15,23 = 0,191 Rayon au cerreau 42 m 50	\ 1. 00 / "		Petits moellons Aux tôles, crépi jouant la pierre de taille (Granit)		
Sur la Diver Italia 1901–19	ia e 902	22 ^{mm} 6	\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	Are decercle $40^{\rm m}$, (10) $10^{\rm m}$ (10) $-\frac{1}{4}$ = 0,25	1, 40	\ 1"40 / _{1"'40}	Briques de Novare, pressées (450k) Chaux hydraulique de Palassolo — 100k		Pa (l'èvide
Strande Norve	elven Ege	58m 7()	\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	Are d'anse de panier à 3 centres $\begin{pmatrix} 41 & 111 \\ 1 & 111 \\ 1 & 111 \end{pmatrix}$	\ 1."50 	\ 1,"30	PT grossière Gneiss (1000) à 2700) Sur les rems, MOH a ciment Suble 3 parties Ciment 1 parties	Glet: 208 Retembers: 358	1

r. - Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6.

A VOIE NORMALE

SÉRIE A PO (5-40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

							DEELE 5	INOFIIQUE (SII(IP)
		**	EXÉCU	UTION			•	CUBE DE MAÇONNERIE
FONDATIONS			GR	ANDE	VOÙTE	adding and a second second second second second second second second second second second second second second	×-	A MORTIER Q
Nature du soi	,	CINTI	₹ [E	manus yang mengan mengan sebagai sebag				
Profondent		RMES	Gube d	e bois	MODE	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	DÉPENSE
sous l'étinge Pressions	Type	Nombre	Poids	de fer	DE	État d'avancement	sur t	<u>D</u>
surlesol on kg (m012	Matière) Epaisseur	. Dépe		CAVETBURIAN	du pout Temps entre le :	au décin- t '	Totanx
Procede	Appareils de	Leartement d'ave en ave	Totaux	i par mq de douelle	CONSTRUCTION	dernier clarage et le décintrement	trement '' après t '	et par unité / de surface utile S _p * / de volume « utile » W *
10	, necintrement 11	Surhaussement , 12	ta	2 11	15	Date 16	i apres t v	
Granit	Fixe !	5	Cintre et Pont	j l	2 rouleaux			Q = 4.754 mc
Jerme	Lype Pout de Lavain	\ ''	de service ensemble		Au lerrouleau,	Voûtes d'évidement	t _e 89mm	Q: Sp = 6 mc 75 Q: W = 6 mc 35
1	Athe tori	"	[()()() _{tur}		6 trongons	clavées	t) 21 mm	İ
*	(Iome II)	1 = 20	140000°		·	n	t , -1	$D = 396.114^{\circ}$
"		12000	dom, pom montage		Tous les voussoirs		t ," (447 jii)	$D: S_p = 562^{\circ}G$
n	Bottes a sable		ct demontage .		posés à sec	9 juin	58 ^{nm}	D: W = 285 D: Q = 833
		!	51250° Cintre	1			÷ · ÷ [the first temperature and a street discount of the contract of
Granit	Fixo typ	5	et Pont de service		2 rouleaux	Voiites	t, 99mm	Q 4000°
tvés Jissure vulve Newstadt	Pont de Lavani	1 "	ensemble n			d'évidement clavées		$Q: \stackrel{Q}{\sim} Gue 32$
	A Pri tome the	1 1 20	11				t, 21 mm	D = 319791°
			103750			42 jours	t, (215 jm)	D : S _p 517 ^r 1
	Bostes	150mm	dout, pour montage t démontage			13 juillet	8() ^{nm}	D: W = 29 ^r 1
1	h sable		147751					$D: Q = 79^{\circ}9$
Grarier			-3					Q 3700 ^{nc}
i								Q · 3700 ^m
<u> </u>								$D = 450548^{\rm f}$
	l Fixe	7	355 ^{n c}	()me ();}	Plusieurs))	t, 30mm	()
1	t Parente	2500	11	33	ulluques		ľ	$10-284\ 000^{\rm Lires}$
i	de 8/20.	1 m 37				15 jours	t , GO ^{mm}	
j			12))		o o		
:	licites à sable					·		
. =			. 0					- Continue of the second secon
	Pixe	5	n))	2 roulenux	11	t _e 42 ^{mm}	$0 = 2.130^{\text{mc}}$
Rucher		\ Buisconds						$Q: S_p = 8^{mc}51$ $Q: W = 0^{mc}56$
1 x		Fermi side rive 1m25	1)	**	Joints matés	357 jours	t, 1 mi	D 121 103°
ř		Fermesintem : [m]5	145824	494				1): $S_{\mu} = 479^{\mu} 8$
	Boites					14 septembre		$D: \mathcal{N} = 300$
1	à sable			4				$D: Q = -56^{\circ}3$
	1	1		1	1		d	

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 + A. 3. S p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) + C'est la surface offerte à la circulation.

4. W Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets

Pour S p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 + B.

		_			PROJ	ET			
DONT	ENS	SEMBLE		GRANDE VOÛTE					
PONT	Longueur	Largeurs	INTRADOS	ÉPAIS	SEURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	EVIDENTES	
Date	abouts des parapets Déclivités	entre tympans sous la plinthe	Portée	CORPS	TÈTES	Mortier Poids,	on kg ()m()12 Hypothèse	DES TYMPA?	
Symbole	Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	Montée Surbaissement Rayon	Clef	"""	Pours, pour Ime de sable, de chaux ou de ciment	adoptée Surcharges supposées	DECORATI	
1	2	3		5 	6 	! 7	1 8	9	
sur le Krenngraben	62 m	4 ^m () 4 (voie en courbe de 320 ^m de rayon)	Are de cercle 40, 00	\150	\ 1,"30	Bandeaux et Douelle ; MEV [†] Calcaire dur		; vues,	
Autriche	14***7	「 5‴ ().I	10,000	9" 30	(2m 30	Aux têtes, hossages et ciselures	en 1 807 307 227 Long entre tain pons 10m0 6m 6m	eu plein eir de 2m50 sur pile de 1m2	
1904-1905 Ã ¹ F ^r (>> 40m)17	28 ^m	Fruit : 1/20	25# 00			Queutage : MOV [†] Granit Ciment 150*	Nomber 5 3 2 lecate 5 3 2 lecate tement 1 44 1 45 34 Poids 163 133 117 Creature du Ministère des Chemins de fer 28 autil 1904	20	
Steyrling	1()1m8()	\ 4 ^m 75 \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	Arc do cordo $\sqrt{70}^{\rm in}_{,00}$	\ 2 ()()	\ 2 ^m ()()	PT + Genuit En douelle,	Pression maxima : 375	10 voûte transversi vues,	
Autriche 1904–1905	2mm3	Fruit : 1/20	$15_{-70}^{m}70$ $\frac{1}{4,45}$ 0,995	3" 10	l 3m 10	mémes épaisseurs d'assises qu'aux bandeaux	Surcharge ; Comme an Pont sur le Kreungraben	enplein eir de 3 m2: sur pile de 1m25 å	
¹ Fr (≥ 40m)18	4Gm	[m5()	46# 86			Cinent Portland 0m/333	A ¹ μ· ₁ (ημ., 17	29 »	
Salcano Autriche 1904–1906	219m 7()	5" 5() 6 on niveau de la voie Fruit: 1/20	Are do cerete $m{85.000000000000000000000000000000000000$	\ 210	2"10 3" 50	D'P ⁻¹ (0 ^m 2 à 0 ^m 7) Calcaire de Nabresina (1200) en cubes de 6 m) Lats pognensement (adles Cement Portland 10) chaix de Spuliata 10m 333	Pression maxima: Clef: 288 Joint de rupture: 548 Retombees: 408 Are élastique Surcharge: Comme au Pont	10 voûte transverss vues, enplein ein de 3#40 á ; sur pile de 1#35 å 1	
$\widehat{\mathbf{A}}^{\mathrm{r}} \; \mathbf{F}^{\mathrm{r}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{13}$	37m	()m87	527133			Saldy dy l'Isonzo lary Joints de 1640	Sur le Krenngraben $\widehat{\mathbf{A}}^1$ F., $40m_117$	2°	
Svenkerud	90 m	\(\langle 4^m 70 \\ \langle 4^m 80 \\ \]	Arc d'anse de panier à 3 centres 44, 00	1.60	1,"60	PT + grossière Grès (900) à 1500%	Pression maxima : Clef : 3083	l* Pas d'évideme	
Norvège 1905–1907	16 ^m 50	Fruit : 1/20	$\begin{bmatrix} 6, 60 \\ \frac{1}{6, 66} = 0.15 \end{bmatrix}$	2" 50	2'''.5()	Suble 2.5 parties	Joint de rupture : 35*8 Retombées : 28*1	20	
Â ¹ F ^r (≥ 40m)20	Basses eaux 31m Fond du lit	we brittelle.	Rayons : Cerceau : 44m Reins : 30m80	- And the state of	į	Ciment : I partie = 2 23 % de morter = 3	15 tehars par mer	i)	

[—] Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Teme III, p. II, nº 6.

ARCS ASSEZ SURBAISSÉS

A VOIE NORMALE

SÉRIE $\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ $I^{\scriptscriptstyle (r)}$ $(\gg 40^m)$

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

1 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	CUBE DE MAÇONNERIE							
FONDATIONS		desage	GR	ANDE	VOÛTE		-	A MORTIER
Nature du sol	CINTRE DÉCINTREMENT TASSEMENTS							La la la la la la la la la la la la la la
Profondeur sous l'étinge	19161	UMES	Cube d		MODE	DÉCINTREMENT État	DE LA CLEF	DÉPENSE
Pressions sur le sel	Type	Nombre	Poids of Deper		1115	d'avancement du pont	$\frac{\mathrm{sur}}{\mathrm{cintre}}$ \mathbf{t}_{e}	
on kg 0m012	Matiere Appareils de	Epaisseur Ecurtement	-	par mq	CONSTRUCTION	Temps entre le dernier clavage	au décin- t '	Totaux et
Procede	decintrement	d'ave en ave Surhaussement		de douelle		<i>et le décintrement</i> Date	après t "	par unité de surface utile S _p * de volume « utile » W *
10		15	l m	1 11	15	16	17	ls ls
Ehadis per compacts (Conglowerat)	Fixe	Fragerupericus 21jem	13.	n		Voute nue	t , 2 ^{mm}	
		har ronds de) 11	,,				
Pression maxima :	11	1 20% 4 25%				ď		
3 4 5	1		13125	1945				
Plate forme en beton, arme d'un gvillage en x croises	Billiús á base evidee Zuffer	[mmm	:			8 mai		
	; 		1	i !		:	-	
Eboulis très compacts	Fixe	5	866 ^{mc}	[m: 72	3 rouleaux	Piles sur la grande voûte achavées	t _e 130ma	Q 4595°°° Q : S ₀ = 90°52
Pression maxima: 785	1	30 × 12 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	13	n	Même mode deconstruction qu'nn Pont de Salcano	jusqu'nux retombées des voûtes d'évidement	t , O ⁿⁱⁿ	Q: W = 0 = 33 Fon- £16- En- dations vation sendle D 42000 525000 507000
A sec Plate farme en beton à 1/12, arme de fers rands	Billots a base evidee Zuffer	Sammi	120001	8313	A 1 to (- {(0*) ¹⁹	" Ete	·	D: S _p 86(9) 1085(7) 1172(6 D: XV 3(0) 37(5) 40(5 D: Q " " 123(4
Rive gnuche : - Conglomerat - cavernens,	Fixe	7 hagesuperieur	[209mr	11051	5 assises à pleine	Piles sur la grande voûte achevées	t _a (1)111111	Ouvrage Grand pon entier et pilastres
Rive droite:	Pen	20° a 28° Frage interm	100004	12%5	épaisseur, puis, 3 rouleaux	jusqu'aux retombées	nux reins ; 60°°	$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$
Pression moveme : 4		Etage inter	287910'	359/9	Au 1ºr roul.	des voûtes d'évidement	t' Ginn	Q: W 0mc (4) 0mc (3) 1 1 1 1 1 1 1 1 1
Plates-formes	Billots	27 32	dout, pour la pile en rivière		8 trongons.	38 jours		$egin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$
en beton arme de 20020 d'epnisseur	a hase evidee Zuffer	gallinin (mat)	142590			8 amút		D: $N = 39^{\circ}32 = 50^{\circ}22 =$
a Ganssent		770mm				1		D:Q 79'5 103'5
Rocher	Retroussé sur 43°	5	>>	,,	3 rouleaux	Tympans achevés	t , 19mm	$rac{Q \sim 1800^{mc}}{Q: S_{p} \sim 4^{mc}65}$
i "	Arc à treillis) en hops	hermes do rive	,,))				Q: W = 0m 26
ļ.	et metal. n 2		"	"	Joints matés	108 jours	. t , 5 ^{mm} 5 à 7 ^{mm}	$D = 148300^{\circ}$
u	articulations	intermédiaires [m()()	22000	84°		2 mai		$D: S_p = 383^{t}2$
·	Boutes		(۱۱ ۱۱) سرسم	() ['		₩ (HU)		1): W = 22(1 D: Q = 82(1
A sec	a sable	"				10		10 + M + − 02 1

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, nº 7 - A. 3. S_p ... Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) × C'est la surface offerte à la circulation, 4. W — Surface vue de l'elévation × Largeur entre parapets. 5. W' ... Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, nº 7 - B.

 $1800^{\rm k/m^2}$

	PROJET									
DANT	ENS	EMBLE		GRANDE VOUTE						
PONT	Longueur		INTRADOS	ÉPAIS	SEURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	Lo ÉVIDEMENT		
Date	entre abouts des parapets Déclivités Hauteur	entre parapets entre tympans sous la plinthe Fruit	1 1	CORPS	TÊTES (Clef	Mortier Poids,	en kg/0m01 ² Hypothèse	DES TYMPANS		
Symbole	maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	des lympans Revanche du rail	Surbaissement Rayon	Clef Retambées	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	pour 1me de sable, de chaux ou de ciment	adoptée Surcharges supposées	DECORATION DES TÈTES		
1	1 - 5	3	1	5	6	7	8	9		
Langenbrand	15()m	\ \(\lambda^m 70 \\ \lambda^m 20 \\ \]	Ara de cercle (59°, 00	∫4,80	1,"80	PT Granit	Pression maxima:	4º 8 voûtes transversale		
Allemagne	20 mm	Fruit 1/30	$\begin{cases} 14^m \ 75 \\ \frac{1}{4} = 0.25 \end{cases}$	2" 60	2" (30)	Ciment 460%	Glef 30k5 21k5			
1907-1909 $\widehat{A}^{\scriptscriptstyle 1} \; \mathrm{F}^{\scriptscriptstyle 2} \; {}_{\scriptscriptstyle (>> \; 40^{\mathrm{m}})} 21$	25 ^m	1m2()	36m 878			Joints de 2ºm	de rupt. 41 k 1 27 k 3 Re- tomb. 39 k 4 26 k 3	sur piles de 1m00 à 1m35 20		
de Lusserat	84:28	\ \{ 8^m \ 08 \\ \}	Are de cercle	\1,"45	∫ 1 ,"45	Bandcaux : PT Douelle : MAV	Pressions:	to Pas		
France	1()m sr	(8 ^m 10	$ \begin{pmatrix} 45, & & & \\ 9^{m} & 87 & & \\ \frac{1}{4,63} & = 0,216 \end{pmatrix} $	2,"80	2" 80	Queutage : MOV (Clef 28k 18k	d'évidement		
1908-1910		Pas de fruit	\ 4 ,110			Ciment Portland de Boulogne - 150%	Arv élastique Méthode	20		
Â ¹ I'r (≥ 10m)22	14 ^m 25	() m ()()	31 = 39			foints: dans une même assise 50m entre e assises 1 a 50m	1	Archivatte.		
Boïlefos	71m	4 ^m 85	Arc d'anse de panier à 3 centres	\1',"40	\ 1 ,"40	PT ¹ grossière	Pression maxima:	10 Pas		
$Norr\`ege$]]"""]	de 250m) A, 2.5	40, (00)	2,"30	2" 30	Gneiss (1100% à 2100%)	Clef : 20k Joint de rupture : 30k8 Retombées : 27k	d'évidement		
1908-19		Fruit : 1/20	$\sqrt{\frac{1}{4}} = 0.25$			Sur les reins, MOH † à cument	n			
Ā ¹ F'r (≫ \$()m)2:3	18m50	0 = 95	Rayons : Cerveau: 28m5() Roins : 21m678			Ciment	Surcharge : 15† par met	n		
Lichtensteig Lichtensteig	987 50	7, 40 1 voie : 5 40	Arc de cercle	\ 1,40	1, 40	MEV 1	Pression maxima sans surcharge; Clef: 1988 avec surcharge;	le 8 voûtes transversak		
Suisse	()	pour pietons: 2m(0)	$\begin{cases} 1 & 1 & 0.2 \\ 1 & 1 & 0.2 \\ 1 & 0.2 & 0.2 \\ 1 & 0.2 & 0.2 \\ 0 & 0.2 & 0.2 $	2,70	2770	Grés calcaire, assisé	Clef: 27k5 Joint de rupture: 28k9 Retombées: 23k2	vues, en plein eint de 350, sur piles d		
$1907-1909$ $\widehat{\mathbf{A}}^{1} \text{ I'}^{r} (\geqslant 40^{m})^{2}4$	15 ^m 40	Pas de fruit 2m00	2571619			Ciment Portland Ome 333	Are élastique Méthode graphique Ritter	1m h 1m25 20 Clef ct Contresse cn liberges		

 $[\]tau_{*}$ — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, \mathfrak{n}^{n} 6.

A VOIE NORMALE

SÉRIE ¹ Fr(≥ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

	CUBE DE MAÇONNERIE							
FONDATIONS			A MORTIER					
Nature du sol Profondeur sous l'étinge		CINT	Cube de		MODE	DÉCINTREMENT État	TASSEMENTS DE LA CLEF	DÉPENSE
Pressions sur le sol on kg (pn()1 ² Procéde	Type Matière Appareils de décintrement	Nombre Épaisseur Ecartement d'axe en axe Surhaussement	Déper		CONSTRUCTION 15	d'avancement du Pont Temps entre le dernier clavage et le décintrement Date 16	sur cintre cau décin- t', trement t', après t',	Tolaux et par unité { de surface utile Sp a de volume « utile » W 4.
Granit "	Fixe	4 Etagesupérieur 25	27() ^{me}	() ^{me} 7.4	2 rouleaux 6 attaques	Voûte' nuc	t 52mm	$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
Pression maxima: avec surcharge: 5*6	1)	Etage interieur f(): [m 5()	5()9() ^k	13 ^k 9	Voussoirs du 1º rouleau posés à sec, puis, après	56 jours	t', + t'', 7mm	Fon- Élé- En-
sans surcharge: 5 ^k	Vérins à vis	150mm	178931	4818	fermeture de la voûte, remplis demortieral/3	8 février		D: S ₀ 23'2 414'4 437'6 D: W 1'3 22'8 24'1 D: Q » » 74'9
Calcaire tendre (Taffaa) Rive droite -12**80 Air comprime	Retroussé sur 10° (pase marinière)	6 25cm 1m40	au dessus des boites à sable 184mc 298mc 47 9 9791 35619	,	3 rouleaux Au 1 ^{er} roul.: 13 trongons, 14 clavages. Au 2°:	Voute nue 18 jours	t _e < 10 mm	Conditions Endations Endations Endations Endation Semble
Rive gauche Epuisements Pressions: avec surcharge: MAXIMA: 10% moyenne: 644	Boites à sable	[()mm	Ensemble 483*** 42* 9 55410*	1 ^{me} 22 32 ^k 4 139 ^t 5	(sur los reins sculement) 2 tronçons. Au 3°: 4 tronçons.	26 octobre		D 170550' 206669' 377249' D : S _ν 248' 3 300' 9 549' 2 D : W 18' 3 22' 2 40' 5 D : Q 84' 7 58' 5 68' 0
	Retroussé sur 32** Grands arbalétriers	(b) 1 m (00			3 rouleaux			$D = 132000^{6}$ environ $D: S_p = 383^{6}3$ $D: W = 22^{6}7$
	Boiles à sable				·			
Marne et Nagelftuh (Congloméra)	Fixe Potentix	(5) 220m 1m00			2 rouleaux, chacun en 8 tronçons.	Piles des voûtes d'évidement construites.	t _a 4() ¹⁰¹¹	$Q = 3760^{\text{mc}}$ $Q : S_p - 5^{\text{mc}} 15$ $Q : W = 0^{\text{mc}} 49$
Pression	contrefiches Billots	80 ^{mm}			Joints sees nu-dessus des points fixes du cintre. 1" rouleau clavé avant la construction	» Juin	t ' _v ()	$D = 428200^{\circ}$ $D : S_p = 175^{\circ}9$ $D : W = 16^{\circ}8$

^{2.} Pour le calcul de la surface de douclie, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — A 3. Sp = Longueur (côl. 2) × Largeur entre parapets (côl. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

Pour Sp, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — B.

		PROJET								
	ENS	EMBLE		10						
PONT	Longueur entre abouts des	Largeurs lentre parapets	INTRADOS	ÉPAISSEURS		MATÉRIAUX	PRESSIONS	ÉVIDEMENT DES		
Date Symbole	parapets Déclivités Hauteur maxima du rail	entre tympans sous la plinthe Fruit des tympans	Portée Montée Surbaissement	Clef	TÊTES Clef Retom-	Mortier Poids, pour 1mc de sable, de chaux	en kg/0m01² Hypothèse adoptée Surcharges	TYMPANS 20 DECORATION		
	au-dessus du sol ou de l'étiage	Revanche du rail sur l'extrados	Rayon	Retombées 5	(bécs 6	ou de ciment 7	supposées 8	DES TÊTES		
Krummenau	94#31	(4 ^m 60)	Arc d'anse de panier à 3 centres	(1, 80)	\ 1, 80 \ 2 _{m72}	L ¹ Grès calcaire (Mollasse) 1200 [©]	Pressions: MAX. moy. sans surcharge: Clef 24*8 21*2	1º 10 voùies; transversaic vues, en plein cint		
Suisse	2]===	Fruits: des tympans 1/50 des bandeaux	13" 85		. z 72	Ciment Portland Owc333	Re- tomb, 20 kg 17 kg avec surcharge; et variation de température de ± 15", sans tenir compte de la résistance	de 3 ^m 50 sur piles d 4 ^m à 4 ^m 20		
4910-1911 ¹ Fr (≥ 40m)25	18 ^m 20	1,40 1m2()	Rayons: Cerveau: 44m46 Reins: 38m14			Joints de 1 ^{em} à 6 ^{em}	A la tension. Clef 36½ 23¾ 6 Re- tomb. 46½ 23¼ 1 Arc élastique 1700½/m²	2 6		

 $^{{\}bf r}$ Pour le seus de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, page II, n° 6.

A VOIE NORMALE

SÉRIE Â Fr (>40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

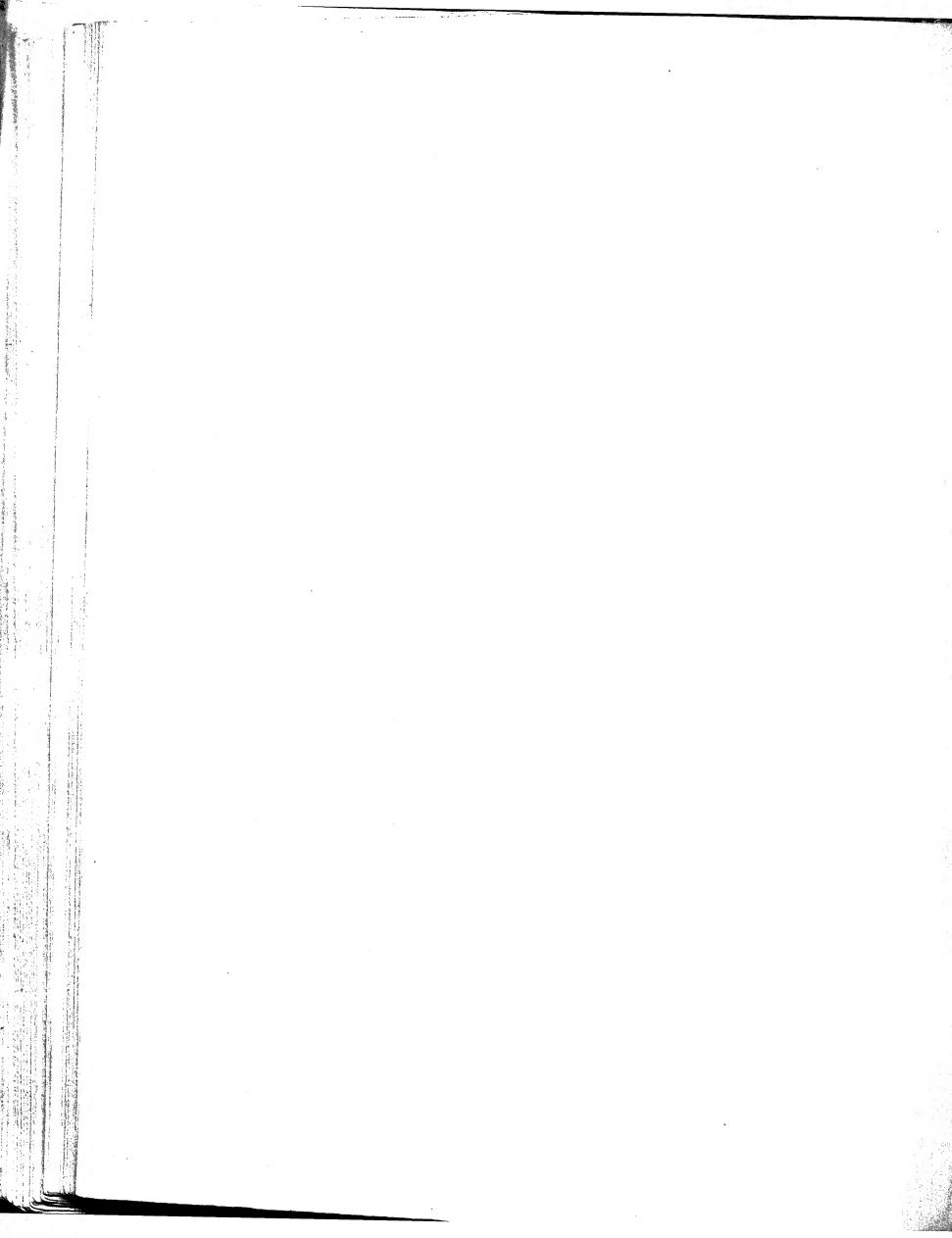
			EXÉCU	TTION		1.4.		CUBE DE MAÇONNERIE
		A MORTIER						
FONDATIONS	-	CINDI	Q_					
<i>Nature du sol</i> Profondeur sous l'étiage	FE1	RMES	Cube de		MODE	DÉCINTREMENT État d'avoncement	TASSEMENTS DE LA CLEF	dépense D
Pressions surlesol on kg ()m()1 ²	Type Matière	Nombre Épaisseur	Poids of Déper	ises	CONSTRUCTION	du Pont Temps entre le	sur cintre t, nu décin- t, trement	Tolaux
	Appareils de décintrement 11	Ecartement d'axe en axe Surhaussement	Totaux 13	par mq de douelle 2	1	dernier clavage et ledécintrement Date 16	après t "	et par unité (de surface utile S _p * de volume « utile » W 4.
Nagelfluh Conglomérat solide) " Pression maxima: 12k Live gauche:	Fixe Poteaux et contrefiches	130mm	Cintre 217mr Palées 46mc3 Divers 18mc7 Bois 285mc() Fers 8000(k (sabots des pieux: 25m²)		4 rouleaux les 2 premiers en 8 tronçons. Joints sees, maintenus par des coins en bois, au-dessus des points fixes	Piles des voûtes d'évidement construites 29 jours	moyenne des 2 têtes t _o + 25 mm t _v + 3 mm (pont achevé)	$Q = 2.094^{mc}$ $Q : S_p = 4^{mc} 82$ $Q : W = 0^{mc} 36$ Fondations: 25.000° Elévation: 104.000°
Épaisements dans in batardeau, puis béton immergé.	Billots å base évidée Zuffer		Dép. 25500°	68 ^r 9	du cintre. Les 2 1 ^{re} roul. clavés ensemble	8 septembre		1): $S_p = 297^r A$ D: $W = 22^r 2$ D: $Q = 61^r 6$

^{2.} Pour le calcul de la surface de douclle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — A. 3. Sp = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.

Pour Sp, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — B.



VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $\widehat{\overline{\mathbf{A}}}^{\iota} \; F^{\mathrm{r}} \; (\geqslant 40^{m})$

MONOGRAPHIES

PONTS SUR LA SCRIVIA, PRÈS DE MARETTA ET DE PRAROLO

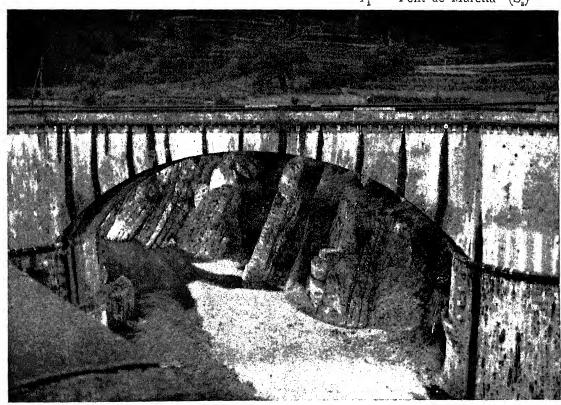
(ITALIE, - Province de Gênes)

Ligne de Novi à Gênes¹

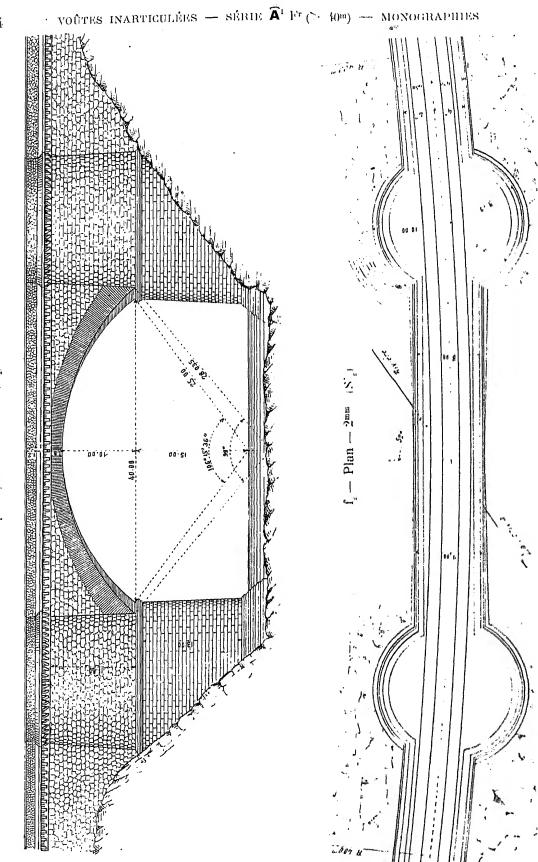
1851-1852

 $\widehat{\pmb{\mathsf{A}}}^{\scriptscriptstyle\mathsf{T}} \; F^{\scriptscriptstyle\mathsf{Tr}} \; (\geqslant 40^m)^{\mathsf{T}} \; \text{et } 2$

Φ₁ — Pont de Maretta (S₁)

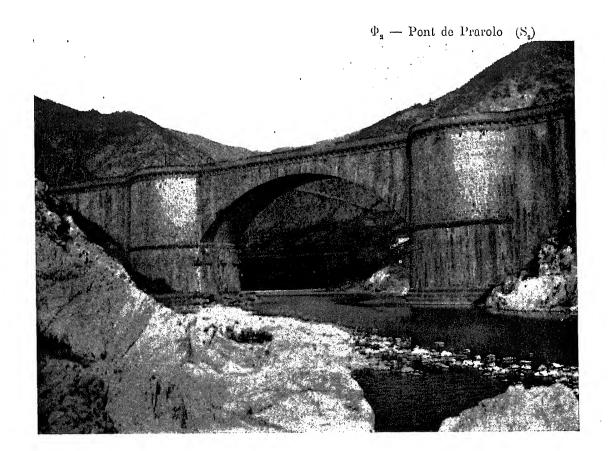


1. --- Entre les stations d'Arquata et d'Isola del Cantone ; le pont de Maretta à 3º620 de celle-ci, le pont de Prarolo à 2º030.



 $f_{_1}$ — Elevation — 2^{mm} (S' $_{_2}$)

1. Pourquoi on a fait une grande arche. — Parce que les eaux de crues montent à 12^m, et vont vite.



2. Disposition en vue:

A. – du biais de 50°. — Pour éviter un appareil biais, on a construit les culées en forme de tronc de cône à fruit de 1/20, et engendré l'intrados par un arc de cercle de flèche constante (10^m) et de corde variable, se déplaçant parallèlement au plan vertical de l'axe du pont, et s'appuyant sur les circonférences, intersections des tours-culées avec le plan horizontal des naissances.

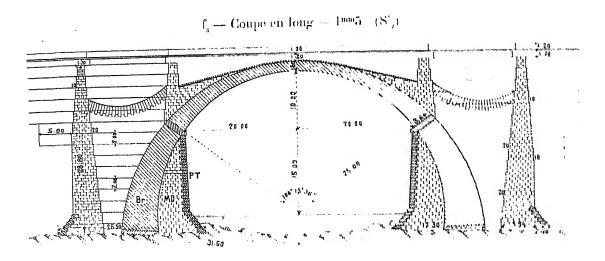
La douelle est ventrue au milieu : cela ne choque pas.

L'intrados sur l'axe est un arc de 40^m au 1/4; il se prolonge derrière ses pieds-droits, et est réellement un plein cintre complet de 50^m (f_a).

B. – de la courbe de 400° . — Les têtes sont parallèles à la corde de 40° du tracé.

C. – de la pente de $8^{mm}.$ — Le parapet est horizontal : la pente est répartie sur les trottoirs et le ballast.

3. Matériaux. — Les voûtes et leur prolongement dans la culée sont en briques s'écrasant en moyenne à 5474, soit un peu plus de 4 fois la pression maxima, évaluée à 12451.



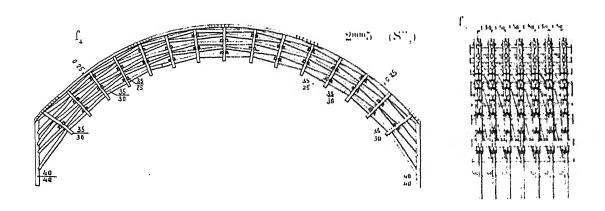
Les briques des voûtes, de $26^{\rm cm} \times 13^{\rm cm}$, n'étaient pas en forme de voussoirs : on en employait de diverses épaisseurs $(6^{\rm cm}5, -6^{\rm cm}7, -7^{\rm cm})$, et on augmentait celle des lits de mortier jusqu'à $6^{\rm mm}$.

La brique paraît bien conservée.

de briques à Maretta.

L'extrados est en courbe continue à Maretta ; avec crossettes, à Prarolo. Au-dessus du cordon, les tours sont revêtues de gros moellons gris à Prarolo.

4. Cintre. — « Le cintre avait été projeté.... pour une voûte en pierre de « taille.



« Il est constitué de 7 fermes composées chacune de cinq rangs d'arbalétriers « disposés suivant le système adopté par M. Peronnet au pont de Neuilly. « (S.).

5. Fondations. — La culée rive droite du pont de Prarolo a été fondée sur le roc vif; mais, à la culée rive gauche, on a trouvé un banc d'argile bleue, compressible. Quand on y battait un pieu, on faisait remonter le pieu voisin². On posa sur l'argile un fort grillage en chêne, et on donna un grand empatement³ au massif de fondation.

6. Dates. — Tassements.	Marella	Prarolo
Construction de la voûte Décintrement	10 septembre († 1851 14 octobre – († 1852 14 février 1852	1852 immédiatement après l'achèvement de la voûte
Tassement du cintre chargé des briques de la voûte de la voûte au décintrement En tout		80°°, sans aucune défor- mation
Surhaussement donné au cintre,	250mm	250 ^{mm}

7. Personnel. — Ingénieur en chef : M. Ranco.

2. — « La compression sur un point réagissait à des distances incroyables. Les remblais d'accès de « la culée ganche du pont, lorsqu'ils sont arrivés à 18m de hauteur, ont causé la chute d'un moulin placé » à la distance de 200m de ces remblais. » (S₁).

3. - L'étymologie impose « empattement ». Mais l'Académie, au regret de Littré, écrit « empatement ».

SOURCES:

S₁. — (Texte). — Notice sur le projet et la construction des Ponts de 40^m d'ouverture sur la Scrivia, près de Maretta et de Prarolo (Chomin de fer de Gènes à Turin), Chambéry, le 29 novembre 1860, M. Ranco (Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées, Manuscrits, nº 1790).

S, - (Dessins).

 S'_{x} — Collection des Dessins distribués aux Élèves de l'Ecole des Ponts et Chaussées, 3° série, section A, Pl. 4.

(La légende explicative, tome I, p. 74 à 79, est empruntée à \mathbf{S}_i).

 $S^{\prime\prime}_{a^*}$ — Dessin à 1/50 communiqué par M. Ranco (Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées, Manuscrits, nº 1790).

 \mathbf{S}_{s} . — Ce que j'ai vu — octobre 1908.

PONTS SUR LA SCRIVIA, PRÈS D'ISOLA DEL CANTONE^{1, 2}

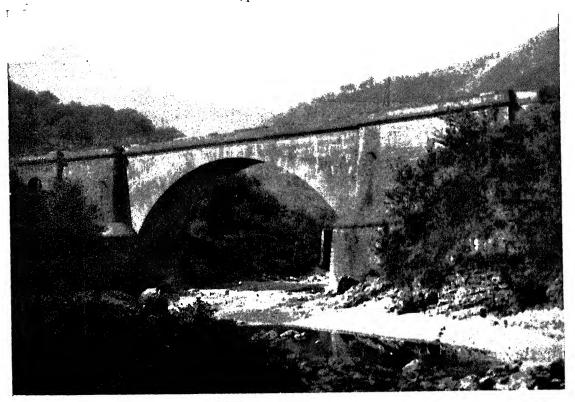
(ITALIE, - Province de Génes)

Ligne de Novi à Gênes

1852

A 1 100 (100) 3 (1)

 $\varphi_{1,\text{loc}}$ Pont en amont d'Isola del Cantone (S2)



Voici les seuls renseignements que j'ui trouvés sur ces 2 ponts :

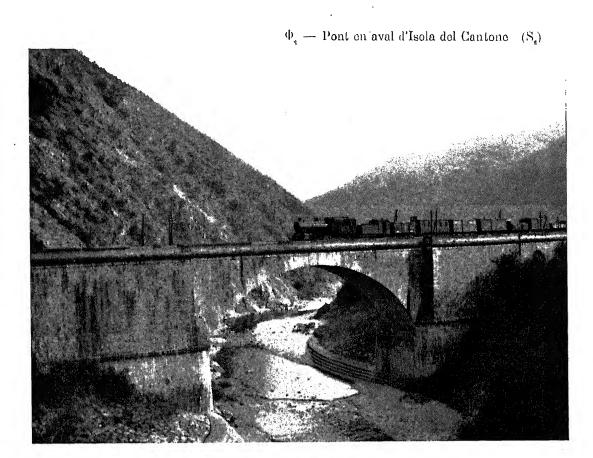
« Dans l'intervalle de tems qui s'est écoulé entre le décintrement du pont de « Maretta et celui de Prarolo, nous avions du acherer deux antres ponts à un seul « arc de la même ouverture (40m), dont la roûte était aussi en briques. Nous avions « décintré ces deux arcs, l'un après un mois et l'autre après deux mois de leur « clôture. On avait obtenu un abaissement, mesuré à la clef de la voûte, de 3 m 1 2 « pour le premier et de 5 m pour le second. » (S₁).

^{1. —} L'un, à 1°518 en amont, c'ost-à-dire vers Ronco, de la station d'Isola del Cantone. l'antre, a 1°437 en aval, c'est-à-dire vers Arquata.

^{2. —} Dans la statistique des Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1886, p. 542 car. Ponts nº 41. 42, j'ai, d'après M. Clericetti, Professeur à l'Ecole des Ingénieurs de Milan, donne ces deux ponts sons les noms de Battaglia et Premna : il n'y a pas, dans le voisinage, de villages de ce nom.

Au pont d'aval, l'extrados est à crossettes comme à Prarolo⁴. Au pont d'amont, il est en courbe continue comme à Maretta⁵.

La brique paraît bien conservée.



Aux deux ponts, les murs en retour sont plans, et non arrondis comme à Prarolo[†] et Maretta^{*} : ils sont revêtus de grosses assises de brèche.

 $4 \sim \widehat{\mathbf{A}}^{1} \, \mathrm{Fr} \, (1 + 40^{m})^{2}$

5, - A1 Pr (540m)1

SOURCES:

S₁. — Notice sur le projet et la construction des Ponts de 40^m d'ouverture, sur la Scrivia, près de Maretta et de Prarolo (Chemin de fer de Gênes à Turin), Chambéry, 29 novembre 1860, M. Ranco (Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées, Manuscrits nº 1790).

 S_{a} . — Ge que j'ai vu — octobre 1908.

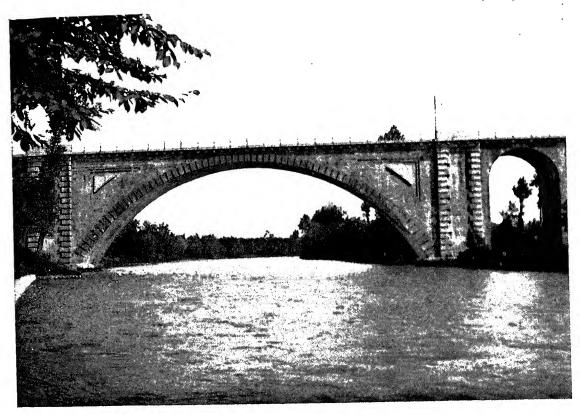
PONT SUR L'OGLIO, PRÈS DE CALCIO (ITALIE, - Lombardie)

Chemin de fer de Milan à Venise, - Section de Treviglio à Rovato

1877-1878

 $\widehat{\pmb{A}}^1 H^{\mathrm{tr}} = 40^{\mathrm{mpc}}$

 $\Phi_i = (S_i)$



4. Choix de l'ouverture. — Les Ingénieurs avaient jugé suffisante pour les crues l'ouverture de 36^m. On l'a portée à 42^m, pour satisfaire la ville de Cremone, propriétaire du canal navigable partant de l'Oglio à 300^m en aval.

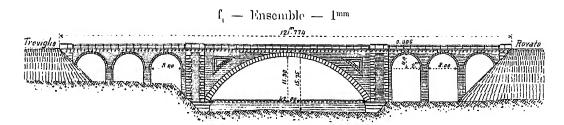
2. Matériaux. — Par économie, on a fait en briques (40°50 le m. c.) toute la grande voûte : bandeaux, douelle et corps.

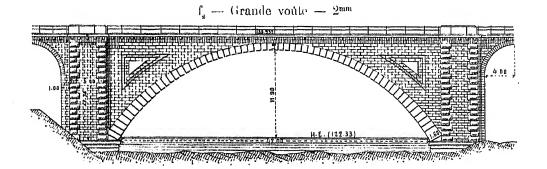
Pour accidenter les bandeaux, on a fait ressauter des groupes de 8 assises, séparés par deux assises en retraite.

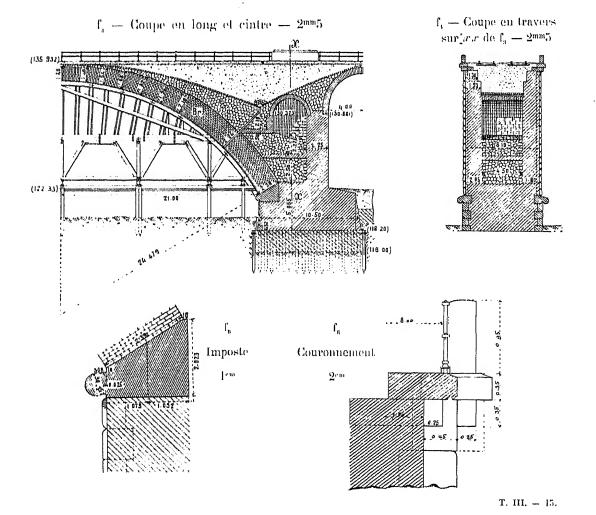
La différence de 0^m98 entre les épaisseurs de la voûte à la clef et aux reins est rachetée par 6 ressauts de 0^m14.

On a placé les matériaux les moins résistants, là où il y a le plus à porter.

Entre Colcio et Chiari, à 1800 environ de Calcio.
 Dans la statistique (Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1886, « Construction des Ponts du « Coestelet, de Laraur et Antoinette », p. 542 er, n° 32), je l'ai appelé Pont de Royato.







Sur la grande voûte, qui est en briques, reposent les tympans en calcaire assisé, faisant cadre autour d'un triangle de grosses pierres de taille.

Ce cadre eût pu demeurer vide, sans dommage pour l'aspect.

Aux pilastres, deux vigoureuses chaînes d'angle enserrent de petits moellons ; il eût fallu tout revêtir en gros appareil.

3. Construction de la grande voûte. — La voûte, en briques (785 m²), a été construite en 25 jours par 24 maçons.

Quand la voûte fut montée à 21^m de ses naissances, on observa, à 14^m d'elles, une fente de $1/2^{mm}$ pénétrant à 0^m50 .

4. Personnel².

Projet et Direction des Travaux : M. le Commandeur Cesare Bermani, Ingénieur de la Division des Chemins de fer de la Haute-Italie.

Entrepreneurs: MM. Bianchi-Bellati.

2. — Renseignements gracieusement communiqués, sur l'invitation de M. le Commandeur Cajo, par M. Edouard Garneri, Chef du Service de l'Entretien des Chemins de fer de l'Etat, à Bologne (Mars 1911).

SOURCES:

S_i. — La Ferrovia Treviglio-Rovalo : « *Ponte Viadotto sul fiume Oglio* », p. 12 à 18, Pl. 4 et 5, note de M. Cesare Bermani, datée de Milan : 18 mars 1878.

S_s. — Ce que j'ai vu — juin 1908.

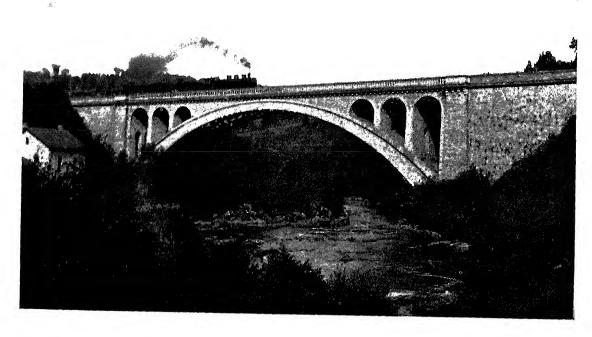
PONT SUR LA VÉZÈRE, AU GOUR-NOIR (CORRÈZE)

Ligne de Limoges à Brive, par Uzerche

1888-1889

A I'r (> 10m)6

 Φ_i — amont (S_i)



- 1. Pourquoi on a fait une grande voûte. Le tracé coupe la rivière sous un angle de 56°. C'est pour éviter des piles biaises dans une rivière à crues fréquentes et brusques, qu'on a jeté cette grande voûte par-dessus un îlot de granit.
- 2. Bandeau et archivolte (Φ_i, f_i) . Les queues des voussoirs du bandeau sont sur une courbe parallèle à l'intrados, au-dessous du milieu de la voûte, à l'extrados, au-dessus.

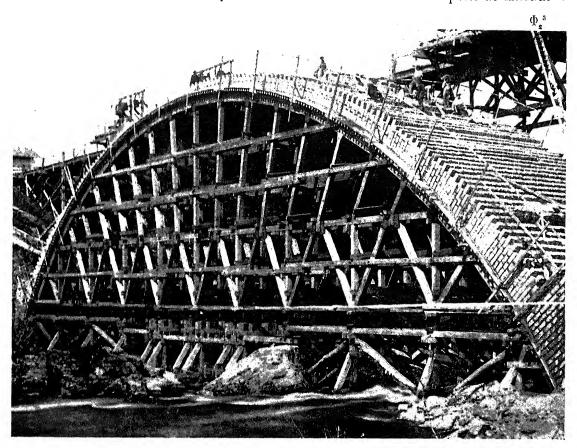
Le bandeau, en fruit de $5^{\rm cm}$, est relevé par une archivolte en fruit de $6^{\rm cm}$, dont l'épaisseur est le 1 4 de celle du bandeau.

Sur un bandeau en moellons à bossages, une archivolte lisse, et qui est restée claire, ne paraît pas à sa place. Son retour horizontal aux reins semble court.

- 3. Pilastres des culées (Φ_i, f_i) . Appliqués contre les murs pleins des culées, ils ne les arrêtent pas, ne les détachent pas du corps central.
 - 1. Entre les stations d'Uzerche et de Vigeois, à 3°940 d'Uzerche.

4. Joints vus d'extrados. — Sur les parties vues de l'extrados, les joints ont été dégradés, puis bourrés de mortier pulvérulent de ciment.

5. Cintre. — A. Description. — Il est imité de celui du pont de Lavaur 2.



Les pieux, coupés d'équerre, armés à leur base d'une tôle de 2^{en} , étaient scellés au mortier pulvérulent de ciment, dans des trous forés ' dans le rocher, quelques-uns au trépan, la plupart à l'aiguille, à l'abri de batardeaux (10 mai-7 août 1888) (S_s).

Les vaux, d'une seule pièce, avaient 4^m de longueur au plus ; les couchis de $10^{rm} \times 15^{rm}$, d'une seule pièce, étaient espacés de 40^{rm} aux reins, de 21^{rm} à la clef.

Le platelage, de 25^{mm} , était en lames de 4^m au moins, assemblées à rainures et languettes.

Les assemblages étaient recouverts, sur leurs deux faces, de tôles de $7^{\rm mm}$.

Le cintre a été taillé du 25 juillet au 27 août 1888.

Pour tenir compte de la saillie des bossages de la douelle, on avait donné au cintre un rayon inférieur de 4^{cm} à celui de la douelle. Les moellons de douelle, dont le bossage était inférieur à 4^{cm}, étaient posés sur cales de chêne.

2. - A Pr (. 40m) - 1882-1884 - Tome II.

3. - Photographie gracieusement communiquée par l'Ingénieur du Pont, M. Draux.

1. - Le metre courant de forage a coûté : au trépan, 318'20 : à l'aiguille, 40'90,

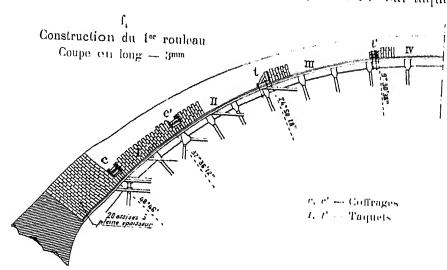
B. Quan	ntités et dépenses.	Au-dessous des hoites à sable	Au-dessus des boîtes à sable	Ensemble
Cube de bois Poids de fer Fourniture Main-d'œuvre		3795 ^k 11947 (89	345 **** 911 16900 \$ 19121 (85 7289 (93	515 mr 270 20695 k 31069 74 26289 93
	Ensemble par mêtre cube de hois		26411 (78 76136	57359167 259170

6. Exécution de la grande voûte. — A. Division en rouleaux et tronçons. — Les 20 premières assises au-dessus de la retraite, jusqu'à la semelle supérieure des boîtes à sable à 48°46°, ont été construites à pleine épaisseur, à mortier de ciment à 800°.

Au-dessus, la voûte a été construite en 3 rouleaux (S_i) , divisés chacun en 8 tronçons.

On chargea le cintre, du 27 février au 5 mars 1889, de 546 de moellons et de pierres cassées : il tassa de 8 mm; quand on enleva cette charge (7 mars-13 mars), le côté aval se releva de 3 mm.

B. 1° Rouleau. — On a suivi le mode de construction du pont de Lavaur 3. On construisit d'abord les tronçons I et I' sur coffrages c; puis les autres simultanément : II et II' sur coffrages c' : III et III', IV et IV' sur taquets tt' (f_i) .



On ménageait, au-dessus de chaque point fixe du cintre, des joints secs, sur bandes de plomb de 30^{mm} de largeur et 18^{mm} d'épaisseur, à 2^{cm} en arrière de l'intrados, et sur cales de chêne à l'extrados.

Les parties des bandeaux correspondant aux joints sees étaient construites immédiatement à mortier : on constata une fissure au droit de l'emplacement de chaque clavage. Ceci justifie bien la division en tronçons.

5.
$$=\widehat{\mathbf{A}}^{1} \operatorname{Fr} (\geqslant 40^{m})^{\frac{1}{4}} = \operatorname{Tome} H.$$

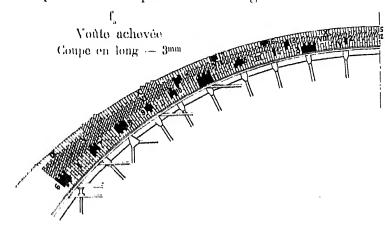
Lorsqu'on eut maçonné jusqu'aux 2 3 du premier vau (32° assise), une fissure de 1 à 2^{\min} s'ouvrit dans les têtes, en face des premières assises posées à sec.

Peu après (35° assise), le cerveau du cintre, sur 25° de chaque côté, se releva de 3º ma au sommet amont, de 5º ma au sommet aval : le point à 25° de la clef n'a pas bougé.

On le chargea de 100 m de moellons, qui l'abaissèrent de 1 m à la tête amont, de 3 m à la tête aval.

On clava, du 18 avril au 4 mai, à partir de la clef jusqu'à la 5° contrefiche, puis à partir des naissances, au mortier de ciment à $650^{\rm k}$ à l'état de sable humide °.

Il ne s'ouvrit pas de fissure pendant le clavage.



C. Renseignements sur l'exécution de la grande voûte.

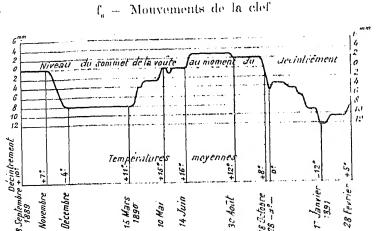
	Fondations (793°°)	Assises à pleine épaisseur (372 m²)	lar Rouleau (592 mr)	2ª Rouleau (455 m²)	3° Rouleau (324 m²)	Moyenne et ensemble p ^r la voûte
	19 dee, 1888	22 for, 1889	4 mai 1889	5 juin 1889	5ลงนี้14889	5 août 1889
Nombre V de trongons	17	ю	8	8	8	24
r ac cuvages	"	n	21	5	5	31
Durée d'exécution en jour- nées (travail effectif) Cube de magonnarie exécu-	\$\$ j	28.]	37 ј	28 j	3 9 j	176 j
tée par jour de travail effectif	18 == ()2	13 m+ 20	16 200	10 == 25	8 mr 31	14 mc 41
tée par journée de 10º de maçon	1 mr 48	1 **** 08	1 mc () 4	4 mc ()3	() me 82	1 **** ()(3
- 1 ^m de magonnerie de voûte a exigé :						
Henres de maçon	0 1 70	15,15	0 h 0 4	Ω p 00	13 / 26	9145
Henres de manœuvres :	17 " 07	9123	16532	15 19	13152	16142
Poids de ciment	200 k	202 k	1444	212 k	160 k	215 k
Nombre de maçons employés par jour Prix de la main-d'œuvre	12	16	13	15	10	14
d'un mêtre cube	8154	12/21	10 (31	9187	11192	10116

^{6. - 9} a 12 litres d'enn pour 50° de ciment.

7. Mouvements de la voûte dus aux variations de température. — Le premier rouleau avait été clavé par une température de 0° à 5°. Avant de claver les 2º et 3º rouleaux (juin et août), on arrosa continuement, pendant 4 jours, les maçonneries, pour les abaisser à + 8°.

Voici les mouvements de la clef observés du 28 septembre 1889 (décintrement

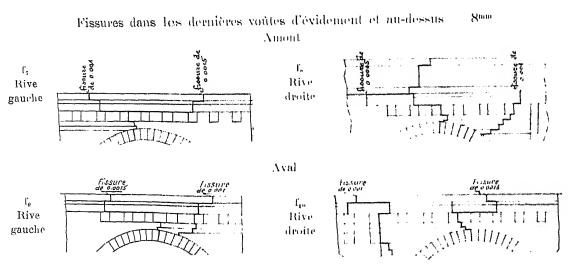
au 28 février 1891.



Pour un refroidissement de 20°, la clef baissa de 12°°; en juin 1891, elle remonta à sa position du décintrement et la dépassa de quelques millimètres en juillet et août (S_a).

La grande voûte ne s'est pas tissurée.

Les tympans et les parapets se sont ouverts, pendant l'hiver 1890-1891, à la clef des voûtes d'évidement voisines des pilastres (f_ à f_ ,).



7. — Le développement moyen de l'arc est 83°56, savoir : joints, 11°76; granit, 68°90, En admettant pour les coefficients de dilatation : du mortier de ciment, 11×10°6; du granit, 8×10°6, on trouve, pour un abaissement de 20°, un raccourcissement de : 20° × 10° [14°76 × 14 + 68° 90 × 8] 0° 015157.

En supposant que la courbe déformée soit encore un arc de cercle. l'abaissement correspondant à la clef est 0"0115, au lieu des 0"012 mesurés. (Calcul donné par M. Draux) (S.).

8. Personnel.

Ingénieurs. — en chef : M. Daigremont ; — ordinaire : M. Draux. Entrepreneur : M. Justin Prade (S_a) .

SOURCES:

S₁. -- Annales des Ponts et Chaussées, 4892, 1er semestre, p. 545 à 596, Pl. 5 à 7 : « Notice sur la construction du Viaduc du Gour-Noir ». M. Draux, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

S_s. — Collection des Dessins distribués aux Elèves de l'Ecole des Ponts et Chaussées, Série 4, section C, Pl. 51, — Légende explicative, tome III, p. 4054 à 4067.

 S_s — Chemin de fer de Limoges à Brive par Uzerche. — Rapport sur l'exécution des travaux, p. 50 à 54, Pl. 12 et 13.

S_c. -- Co que j'ai vu -- juin 1908.

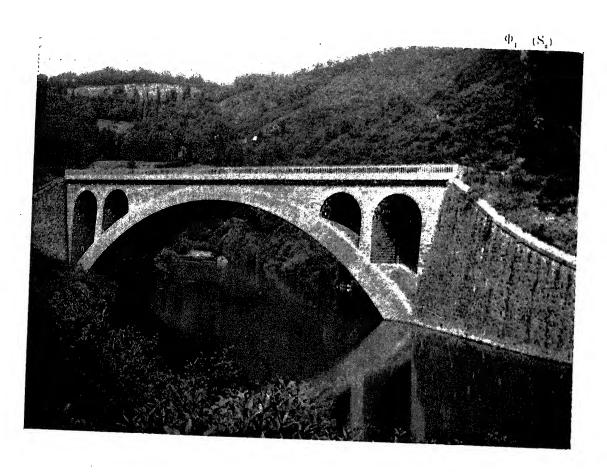
Los dessins sont extraits de S₁ et de S₂.

PONT SUR LA VÈZÈRE, A POUCH (CORRÈZE)

Ligne de Limoges à Brice, par Uzerche¹

1890

 $\widehat{\boldsymbol{A}}^{t} | F^{r} (-\beta 0^{m})^{7}$



- 1. Pourquoi on a fait une grande voûte. Le tracé est à 44° sur la Vézère : une grande voûte a évité des piles biaises en rivière.
- 2. Cintre. Il est imité de celui du pont Antoinette².

 Comme on ne pouvait creuser le rocher, même à l'aignille, on nettoya sa surface, et on la régularisa avec du béton de ciment, sur 0°20 à 0°40.

 On fixa dessus des lambourdes, sur lesquelles on appuya le pied des pieux.
- 3. Construction de la voûte. Elle a été construite du 1º mars au 10 juin 1890, en trois rouleaux.
 - 1. Entre les stations d'Estivaux et d'Allassac, à 2º730 d'Estivaux.
 - 2. = $\hat{\mathbf{A}}^1 | \mathcal{C}^r (> 40^m)^5 = \text{Tome } 11.$

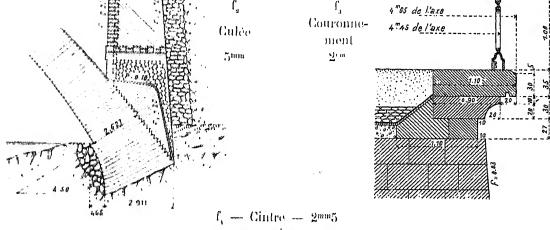
1771 28.32

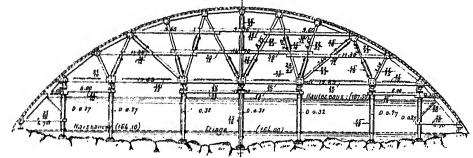
1771 28.32

1771 28.32

1771 28.32

18.325 18.125 18.





4. Personnel.

 $Ingénieurs. -- en \ chef : M. \ Daigremont; -- ordinaire : M. \ Guillaume.$

Entrepreneurs: MM. Paviot, Lafeuille et Chaumeil.

SOURCES

 $S_{\rm p}$ — Chemin de fer de Limoges à Brive, par Uzerche, — Rapport sur l'exécution des travaux, p. 56 à 59, Pl. 16.

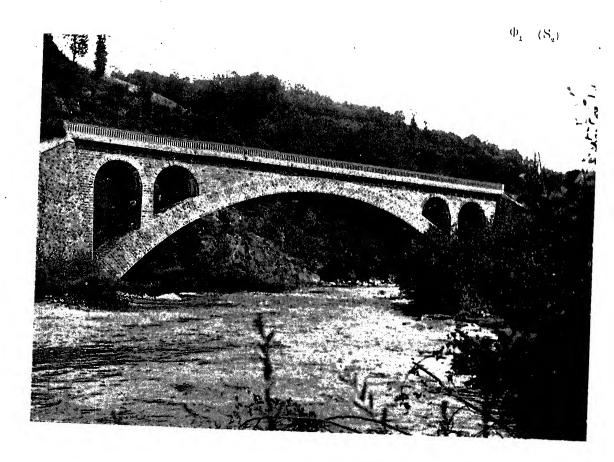
 $S_{\nu} = Ce que j'ai vu = juin 1908.$

PONT SUR LA VÉZÈRE, A FREYSSINET (CORRÈZE)

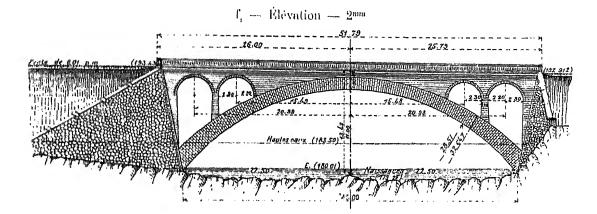
Ligne de Limoyes à Brice, par Uzerche¹

1890-1891

 $\widehat{\textbf{A}}^{r} \; F^{r} \mathrel{(\geqslant 40^{m})} \! \! 8$



- 1. Pourquoi on a fait une grande voute. Le tracé coupe la Vézère sous un angle de 50° : une grande voûte a évité des piles biaises en rivière.
 - 2. Appareil. Couronnement. Comme au pont de Pouch?.
- 3. Cintre. On y a réemployé celui du pont de Pouch. Comme à Pouch, les pieux portent sur des lambourdes fixées sur un lit de béton régularisant la surface du rocher, mise à nu et nettoyée.
 - 1. Entre les stations d'Estivaux et d'Allassac, à 1260 d'Estivaux.
 - 2. $\widehat{\textbf{A}}^1$ $F^r(\geqslant 40^m)^7$ Tome III.



4. Personnel. — Comme au pont de Pouch².

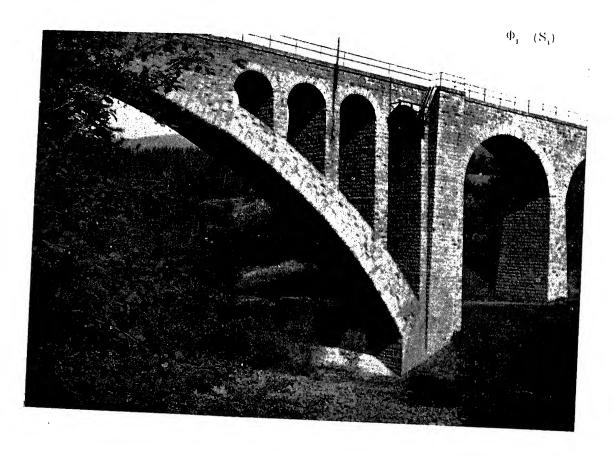
SOURCES:

- S_{i^*} Chemin de fer de Limoges à Brive, par Uzerche, Rapport sur l'exécution des travaux, p. 56 à 59, Pl. 15.
 - S. Ge que j'ai vu juin 1908.

PONT SUR LE PRUTH, A JAREMCZE¹ (AUTRICHE, - Galicie)

Ligne de Stanislau (Galicie) — Woronienka — Szigeth (Hongrie)

1893 – 1894



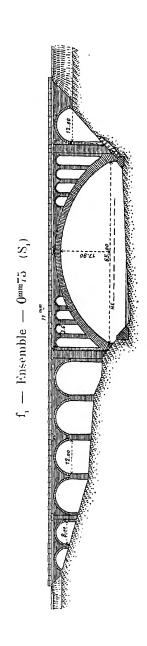
1. Pourquoi on a adopté une grande voûte (S_i). — La ligne traverse en biais la rivière.

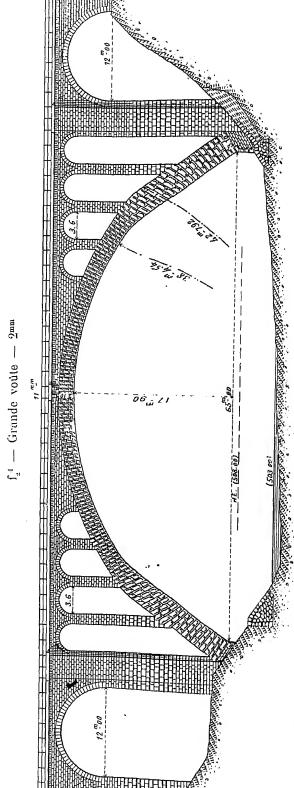
On a accepté la portée de 65^m , après les essais sur les voûtes, faits en Autriche en 1890--1891².

2. Aspect (S_a) . — Cette grande voûte porte sur de courts pieds-droits : sans eux, l'aspect serait meilleur, la voûte moins tendue.

Les dernières piles d'élégissement sont trop hautes.

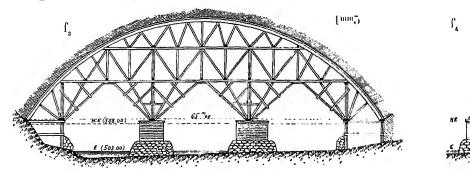
- 3. Chape (S2). Sur 5 à 9° de béton, 2° d'asphalte recouverte, après prise, de sable grossier3.
 - 1. A 650° au-delà, vers Woronienka, de la station de Jaremeze.
 - 2. Ils sont exposés plus loin : Tome III, Livre II.
 - 3. Prix du m. q. : $6^{11}88 \, \text{kr} = 14^{\circ}45$.





- Agrandi d'après S. - L'appareil est dessiné d'après mes photographies.

4. Cintre (S₁).



5. Exécution de la grande voûte. — A l'exemple des ponts français*, la grande voûte a été construite en trois rouleaux (S₄).

Au 1^{er}, les voussoirs étaient posés à sec, d'abord en 6 attaques, plus tard en 8, avec joints de 18^{mm} au moins, sur liteaux en bois, matés ensuite en 5 jours 1-2, au mortier humide.

En mars 1894, on posait 6 à 10 assises par jour (S_3) .

6. Avantages du malage (S₃). — « L'expérience a montré qu'il était « très utile de poser à sec et de mater. Le mortier atteint une dureté inouïe; su « liaison à la pierre est aussi intime qu'entre ses molécules elles-mêmes; il n'y a « pas d'espace vide, car on peut exercer une surveillance minutieuse en raison de la « courte durée de la construction. »

7. Main-d'œuvre et fournitures pour la grande yoûte (\$).

On y a employé	:	en lout	par m.e. de moellons (1060%)
•	maçons	G79 i	0164
cournées de	manœuvres	1071	1400
	chevaux	521	0 i 05
Ciment Portle	and	5512	52 * 1
' Mortier maté		121***	()***114

8. Dates.

Achèvement d	u cintre (S _s)	décembre 1893
	Commencement	mars 1894 (S _i)
Granda vanta	1° rouleau Fin de la pose	8 avril
· ·	Clavage (matage des joints)	mi-avril (S ₄)
	Clavage du 3º rouleau	10 mai
Achèvement d	es voûtes d'élégissement et d'accès	fin juillet

	circulation	

5. - « Im Einklange mit französischen Bauausfuhrungen.... » (S1).

- 9. Epreuves (8,). Aucune déformation sous un train de 3 locomotives, le 11 novembre 1891.
- 10. Grandes voutes imitées de celle de Jaremeze. Les dispositions principales de Jaremeze ont été reproduites à toutes les grandes voûtes sous chemin de fer :

d'Autriche (Ponts de Jamua, Worochta, Kreungraben, Steyrling, Salcano^{*}, Palmgraben, Schalchgraben, Bothweinbach[†]).

du Grand Duché de Bade (Ponts sur la Gutach, sur le Schwändeholzdobel, de Langenbrand*).

C'a été un pont type.

11. Personnel.

Ingénieurs :

Projet : M. Huss, Ingénieur en chef de la Direction des Chemins de fer, à Vienne (S₁).

Direction des Travaux: M. Kosinski, Inspecteur à Stanislau (Galicie) (S₃).

Entrepreneur : M. Johann Koller, à Stanislau (S.).

а . . Ā Ре. . 30m, 10, 11, 17, 18, 19 ... Tome III.

: **Α**¹ Pr. (1908) 8, 9, 10 Tome 11.

8 - A' 1/r, . 40m, 12, 13, 21 - Tome III.

SOURCES:

Zeitschrift des resterreichischen Ingenieur - und Architekten Vereins:

8. 20 octobre 1893, p. 545 à 547, Pl. XXIV; « Mittheilungen über die grossen gewölbten » Brücken der K. K. Staatsbahn Stanislan-Woronienka», von Ober-Inspector Ludwig Huss, Vorstand des Bureaus für Unterbau und Brücken der K. K. General-Direktion der æsterreichischen Staatsbahnen, octobre 1893.

(Cet article a eté écrit avant la construction de la voûte).

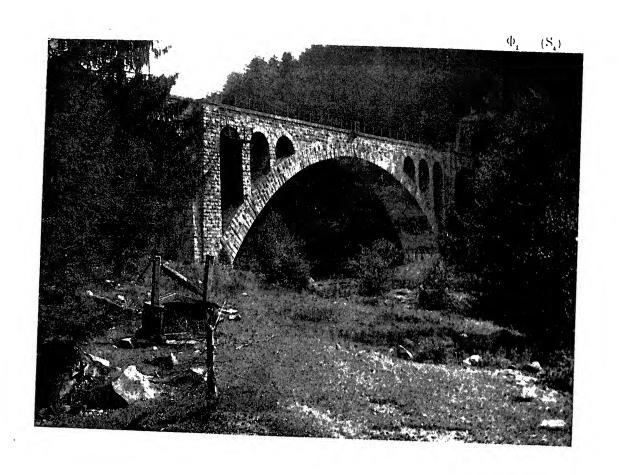
- S_a. 4894, p. 533 à 535 ; « Die Bauvollendung der grossen gewölbten Brücken der K. K. Staatsbahn Stanislau-Woronienka. » Ludwig Huss.
- S_s. Renseignements qu'a bien voulu me donner, sur place, M. G. Geyer, Directeur du resenu de Galicie, septembre 1909.
 - S. Ce que j'ai vu septembre 1909.

PONT SUR LE PRUTH, A JAMNA (AUTRICHE, - Galicie)

Ligne de Stanislau (Galicie) — Woronienka — Szigeth (Hongrie)

1893-1894

A¹ P¹ (> 40m) 10



1. Quelques observations (S_i). — Même appareil, mêmes maçonneries, même chape qu'à Jaremeze 2.

L'appareil du bandeau se continue dans le pilastre.

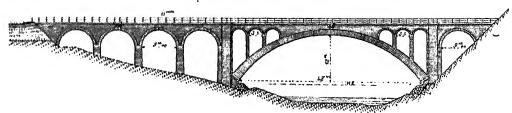
La plinthe paraît maigre.

2. Exécution de la grande voûte. — Même méthode qu'à Jaremeze 3 mais avec 2 rouleaux au lieu de 3.

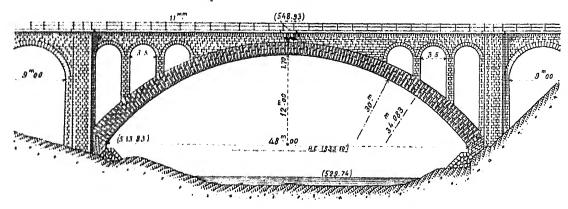
1. — A 1º096 en deçà, vers Stanislau, de la station de Jamna.

2. $-\widehat{\mathbf{A}}^1 \, F^r (\geqslant 40^m)^{ij}$ — Tome III, p. 114.

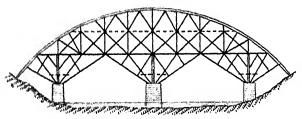
f_i - Ensemble - 1^{mm}



 $f_4^{\,a}$ — Grande voite — 2^{mm}



 f_s^{ij} — Cintre



3. Dates.

Commencement des travaux	1893
Achievement du cintre	décembre (S_a)
	1894
Fin de la pose des moellons du premier rouleau	8 avril
Clavage du 2º rouleau	10 mai
Achèvement des voûtes d'élégissement et d'accès	fin juillet
Décintrement	2º moitid d'août
Epreuves (mêmo résultat qu'au Pont de Jaremezo 2)	II novembre
Ouverture à la circulation	20 novembre

4. Personnel. — Comme au Pont de Jaremeze 2.

3. - Agrandi Paprès S_{t^*} — L'appareil est dessiné d'après Φ_{t^*}

1. -- Calque sur une photographie (S_3 , p. 531).

SOURCES:

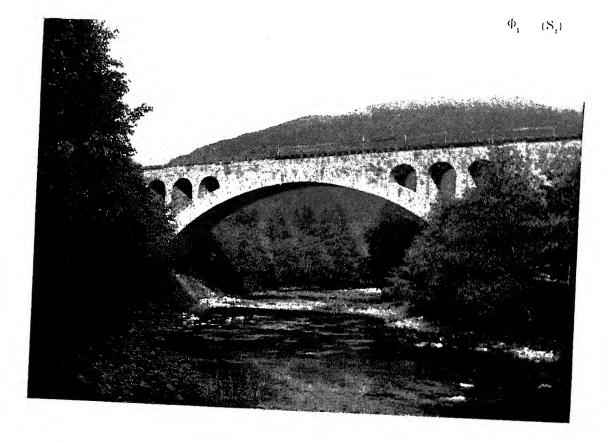
Celles du Pont de Jaremeze $\widehat{\mathbf{A}}^1$ lér (>> 40m)9, p. 117.

PONT SUR LE PRUTH, PRÈS DE WOROCHTA 1,2 (AUTRICHE, - Galicie)

Ligne de Stanislau (Galicie) — Woronienka — Szigeth (Hongrie)

1893-1894

 $\widehat{\mathbf{A}}^{\mathfrak{r}} \stackrel{\mathrm{Re}}{\mapsto} (\mathbb{C} \circ A0^{\mathfrak{m}}) \Pi$



1. Quelques observations (S_i). — Mêmes dispositions générales qu'à Jaremeze 3 et à Jamna 4.

Les bandeaux ont un léger bossage ; la douelle, à taille plate, a mêmes épaisseurs d'assise. La plinthe paraît maigre.

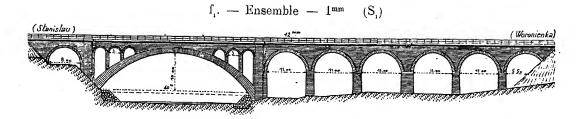
Beaucoup de moellons de douelle sont attaqués.

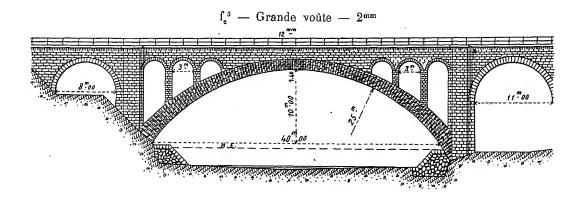
1. — A 523" en deçà, vers Stanislau, de la station de Worochta.

2. — Il y en a un autre, — voûte en arc peu surbaissé, de 34m60 d'ouverture, avec tympans élègis, entre deux viadues d'accès (S_i) .

3. $-\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ F^r ($\geqslant 40^{\rm m}$)⁹, - Tome III.

4. $= \widehat{\mathbf{A}}^{\text{t}} \, \mathrm{F}^{\text{r}} \, (\gg 40 \mathrm{m})^{10}, = \mathrm{Tome} \, \mathrm{III}.$





En août 1909, on refaisait la chape : le carton bitumineux employé en 1894 n'avait pas duré.

2. Personnel. — Comme au Pont de Jaremeze 3.

5. — Agrandi d'après S_i . — L'appareil est dessiné d'après Φ_i .

SOURCES:

 $S_{_1}$ du Pont de Jaremeze, $\widehat{\textbf{A}}^{_1}$ $F^{_{\textbf{r}}} \ (\geqslant 40^m)^9,$ p. 117.

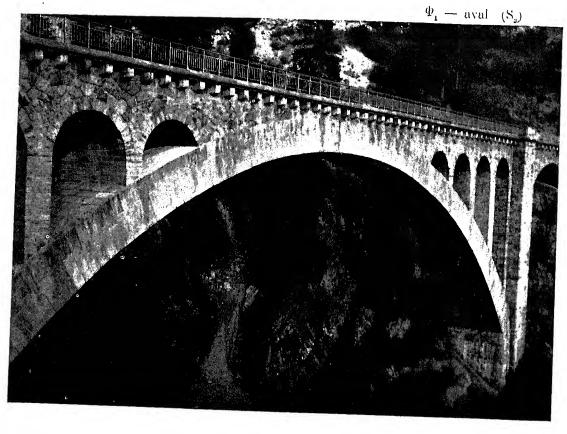
 S_2 . — Ce que j'ai vu — septembre 1909.

PONT SUR LA GUTACH (ALLEMAGNE, - Grand Duché de Bade)

Ligne de Neustadt à Donaueschingen

1899-1900

 $\widehat{\pmb{\mathsf{A}}}^{\iota} \; F^{\mathfrak{r}} (> 30^{m}) 12$

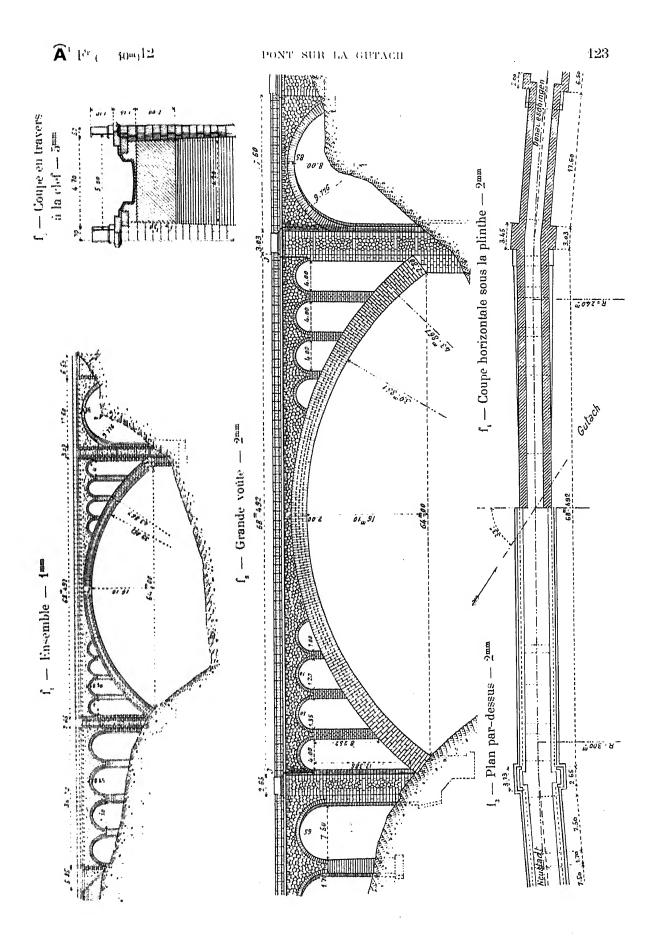


- 1. Pieds-droits de la grande voute. Comme au Pont de Jaremeze², dont celui-ci est une réplique, la grande voûte, au lieu de retomber directement sur le sol, porte sur de petits pieds-droits.
- 2. Joints de dilatation. On a ménagé, au-dessus des voûtes d'élégissement voisines des pilastres, des joints verticaux secs j (f_{i}). Ils traversent la plinthe; ils sont prolongés, dans la voûte d'élégissement, par une seuille de plomb disposée suivant un joint normal à l'intrados.
 - 3. Chape. L'extrados de la grande voûte a été peint à l'huile. La chape est en feuilles de « Tektolith ».3

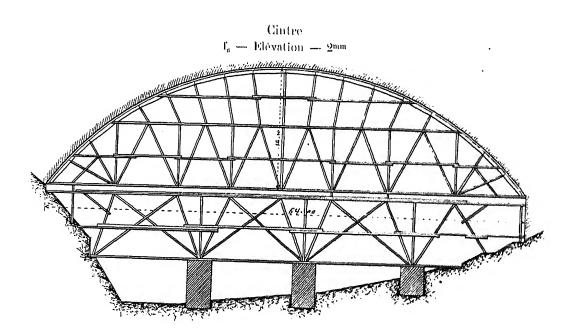
^{1. —} Cette ligne prolonge celle de Fribourg-en-Brisgan à Neustadt, dite « Hodlenthalbahn ». Le pont est entre les stations de Kappel et de Röthenbach, près de celle de Kappel, à environ 39° de Fribourg.

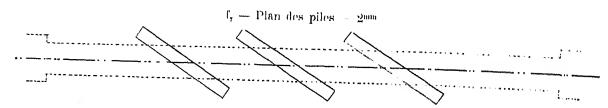
^{2.} $-\widehat{\mathbf{A}}^1 \, \mathrm{F^r} \ (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^9 \, - \, \mathrm{Tome} \, \, \mathrm{III}.$

^{3. —} Tissu asphaltė.



- 4. Tlinthe. Elle est en encorbellement sur consoles ancrées dans les tympans.
- 5. Cintre. Les deux étages supérieurs ont la même disposition qu'au pont de Lavaur⁴.





6. Exécution de la grande voute. — « Comme les constructions... « françaises... prises pour modèle »*, elle a été faite en deux rouleaux.

Le premier a été construit du 24 septembre au 3 octobre 1899, en 6 attaques. On a posé à sec tous les voussoirs sur liteaux de 15^{mm} à 22^{mm}.

Ses moellons courts avaient la moitié de l'épaisseur totale de la voûte, soit 1^m à la clef et 1^m40 aux retombées; ses longs dépassaient de 30^{rm}.

Les joints secs ont été matés au mortier de ciment, du 3 au 6 octobre 1899.

Le deuxième rouleau a été construit du 3 au 13 mai 1900 : on matait tous les joints sur la hauteur de ses moellons courts.

4. $= \hat{\mathbf{A}}^1 \; \mathrm{F^r} \; (\geqslant 40^m)^4 = \mathrm{Tome} \; \mathrm{H}.$

5. — « Im Einklang mit den æsterreichischen oder rielmehr den französischen Bauausführungen die « hierfür vorbildlich waren.... » (S₄, p. 272). 7. Tassements moyens à la cle1, comptés à partir du 24 septembre 1899, commencement de la construction du premier rouleau.

	Dates	Tasser en 7		Température de l'air en degrés Celsius
	/ 1800	And the contract of the contra		
Tassement	3 octobre (avant le clavage du 4er rouleau) 1900	53		»
) 1rr mai (avant la construction du 2º rouleau).	79)
du cintre	14 mai (après la construction du 2º rouleau). 9 juin	85 89	Par rapport au	" + 12°
	/ 11 juin	110	1900	+ 120
	22 août	129	19	+ 190
Tassement	30 novembre	141	31	10
de la voite	1901			
	14 février	168	58	— 12°
	14 février	150	40	+ 220

Sans surcharge, la voûte porte 11 tonnes par mêtre courant. A aucun moment, on n'y a observé de fissure.

SOURCES:

S. — « Die Fortsetzung der Höllenthalbahn von Neustadt über Löffingen nach Hüfin- « gen ». – Karlsruhe, Chr. Fr. Müllers'ehe Hofbuchdruckerei, 1901, p. 25 à 28, Pl. hors-texte: « Gutachbrücke ».

 S_a . — La Schweizerische Bauzeitung du 21 décembre 1901 donne, p. 271 à 275, un article de M. R. Moser, Ingénieur en chof : « Grosse Steinbrücken im Grossherzogtum Baden » dont les renseignements sont extraits de S_c .

 $S_{c} \sim {
m Ce} {
m que} {
m j'ai} {
m vu} \sim {
m noùt}$ 1908.

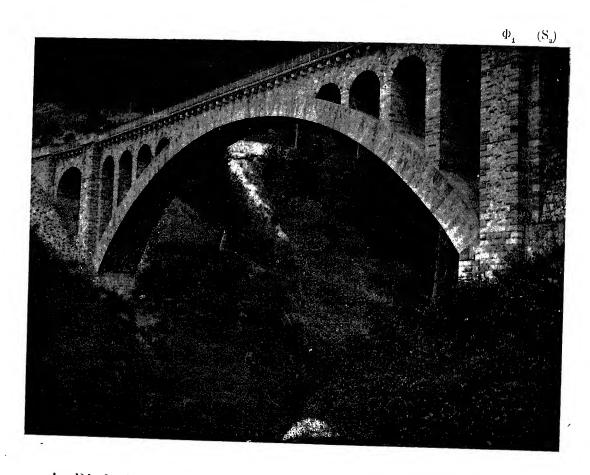
PONT SUR LE SCHWÄNDEHOLZDOBEL

(ALLEMAGNE, - Grand-Duché de Bade)

Ligne de Neustadt à Donaueschingen 1

1899-1900

 $\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \, \mathrm{F}^{\scriptscriptstyle \mathrm{r}} \, (\geqslant_{\overset{\scriptscriptstyle \bullet}{\iota}} \!\! 40^{\mathrm{m}})^{13}$



- 1. Pieds-droits de la grande voûte. Comme au Pont sur la Gutach², construit en même temps, réplique comme lui du Pont de Jaremeze³, la grande voûte, au lieu de retomber sur le sol, porte sur de petits pieds-droits.
- 2. Joints de dilatation. On a laissé vide un joint vertical j (f_i), depuis la clef de la voûte d'évidement voisine du pilastre, jusqu'à la plinthe.
- 3. Plinthe. Elle est en encorbellement sur consoles ancrées dans les tympans.

1. - Le pont est entre les stations de Kappel et de Röthenbach, à 1°5 environ du pont sur la Gutach $\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \ \mathrm{F^r} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{12}$. 2. $-\widehat{\mathbf{A}}^1$ F^r $(\geqslant 40^m)^{12}$ - Tome III. 3. $-\widehat{\mathbf{A}}^1$ F^r $(\geqslant 40^m)^9$ - Tome III.

- 4. Cintre (f.). Les deux étages supérieurs ont la même disposition qu'au pont de Lavaur 4.
- 5. Exécution de la grande voûte. Même mode de construction qu'au pont sur la Gutach 5 : deux rouleaux avec découpe de 0 m 30.

• · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
	Construction	23-30 avril 1900
1er rouleau	Construction	30 avril - 2 mai 1900
20 rouleau		23 mai - 1° juin 1900

7. Tassements moyens à la clef, comptés à partir du 25 avril 1900, pendant la construction du premier rouleau.

•	Dates	Tassements en	mm Température de l'air en degrés Celsius
	1900		
ı İ	6 mai (après clavage du 1 ^{er} rouleau) 21 mai (avant construction du 2°	66 .	'n
Tassement	rouleau)	79	»
	1 ^{cr} juin (après construction du 2 ^c rouleau)	87	+ 15°
Ì	13 juillet (avant decintrement)	99 Par rapp	I
	13 juillet (après décintrement)	120 au 13 juille	+ 2()°
Tassement	3 novembre	172 52	+ 1()°
de la	1901		
voûte	14 février	200 80	- 17°
,	10 juillet	183 63	+ 25°
	:		

On n'a pas constaté de fissure dans la voûte.

4.
$$-\widehat{\mathbf{A}}^{1} \ \mathrm{F^{r}} \ (\geqslant 40^{m})^{4} - \mathrm{Tome \ II}.$$
 5. $-\widehat{\mathbf{A}}^{1} \ \mathrm{F^{r}} \ (\geqslant 40^{m})^{12} - \mathrm{Tome \ III}.$

SOURCES:

 S_i . — « Die Fortsetzung der Höllenthalbahn von Neustadt über Löffingen nach Hüfingen », Karlsruhe, Chr. Fr. Müllers'che Hofbuchdruckerei, 1901, p. 28 à 30, Pl. hors-texte : « Dic « Schwändeholzdobelbrücke ».

 $\rm S_{\scriptscriptstyle 2}.$ — La Schweizerische Bauzeitung du 21 décembre 1901 donne, pages 271 à 275, un article de M. R. Moser, Ingénieur en chef : « Grosse Steinbrücken im Grossherzogtum Baden », dont les renseignements sont extraits de S.

S₃. — Ce que j'ai vu — août 1908.

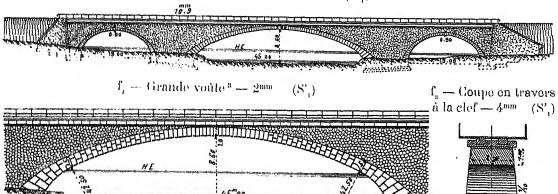
PONT SUR LA CHEMNITZ (SANE)

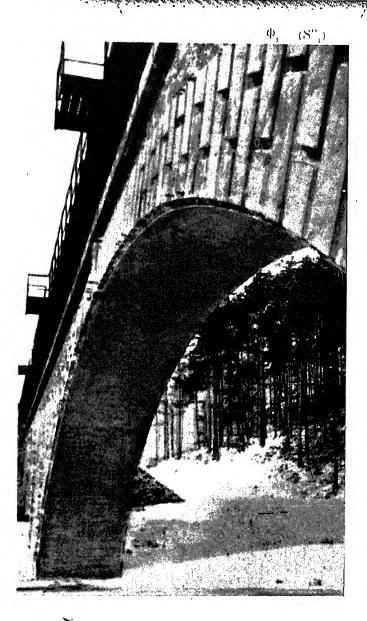
Ligne¹ de Chemnitz à Wechselburg²

1901-1902

 $\widehat{\mathbf{A}}^{_{1}}$ 1° (> 40m)14

 f_i — Ensemble — I^{mm} (S'_i)





1. Dispositions à signaler. — L'ouvrage traverse en biais la Chemnitz (S''₁).

H n'a que $2^{m}70$ de largeur en haut.

Le parapet et les trottoirs sont en encorbellement. On a simulé des bandeaux avec un crépi jouant le granit; la douelle est barbouillée de mortier (S",).

2. Personnel.

Exécution: MM. Liebold et C^{io}, de Langebrück (Saxe).

- l. -- d'intérêt local à voie normale.
 - 2. au point 21º647 de la ligne.
 - 3. La portée est 46° d'après S''ı.

SOURCES:

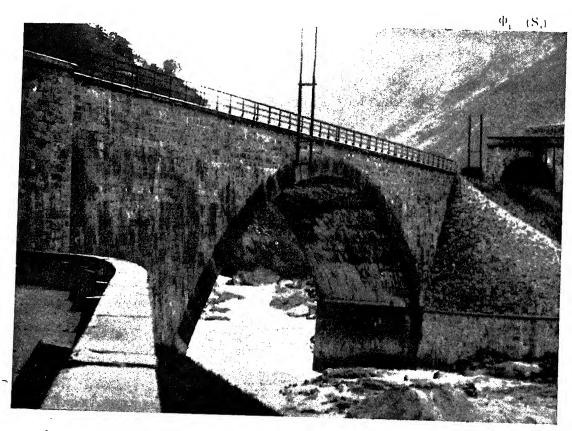
S₁. — Dessins (S'₄) et album (S''₄) qu'a bien voulu me remettre M. Liebold, en 1908.

PONT SUR LE TORRENT DIVERIA (ITALIE, - Province de l'Ossola)

Ligne de Domodossola à Iselle 1 (Descente du Simplon à Milan)

1902

 $\widehat{\mathbf{A}}^{1} \, \mathbf{R}^{r} \, (\sim 30^{m_{1}} 15)$



1. Quelques observations. — Le pont traverse en biais le torrent : on l'y entonne par de longs guideaux.

Les guideaux, tympans, piédroits, plinthes, pilastres, sont en granit; la voûte est en briques.

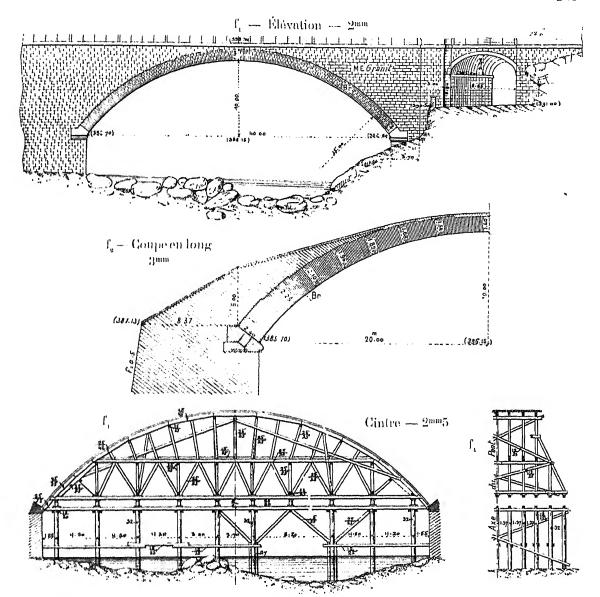
La plinthe paraît maigre.

2. Cintre.

Pieux	
Fermes	117
FermesBrise-lame	150
	7
Contreventement transversal	39
Platelage	42
En tout	955 m

3. Dates. — La voûte fut commencée dans les premiers jours de mai 1902, terminée vers le milieu de juillet.

1. — au Pt. 6*911^m de cette ligne, entre les stations de Varzo et Preglia, à 3*1 environ en amont de Preglia.



4. Personnel².

Projet : M. Guiseppe Oliva, alors Directeur du Service de la Construction et de l'Entretien de la Société des Chemins de fer de la Méditerranée ; depuis, Directeur Général de cette Société.

Exécution en régie.

2. — Indication gracieusement donnée par M. Edouard Garneri, Chef du Service de l'Entretien des Chemins de fer de l'Etat, à Bologne.

SOURCES:

S_v — Societa Italiana per le Strade Ferrate del Mediterraneo. — Servicio delle Costruzioni : « *Relazione sugli Studi e Lavori eseguiti dal 1897 a 1905* », - texte : chapitre II, pages 99 et 100 ; - dessins : tav. XVII, - Rome 1906.

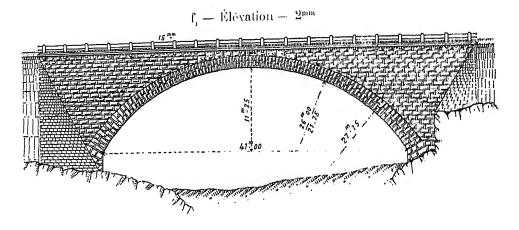
S. - Ce que j'ai vu - juillet 1908.

PONT SUR LE STRANDEELVEN, PRÈS DE VOSS (NORVÈGE:

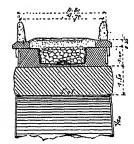
Chemin de fer de Christiania à Bergen

1902-1904

 $\widehat{\pmb{A}}^1 \; I^{2r} \; (=40^m, 16$



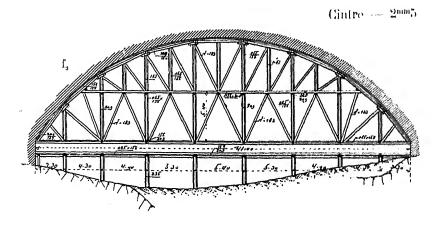
f. - Coupe en travers à la clef — $5^{\rm mm}$

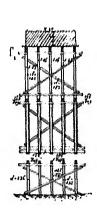


1. Dates.

Commencement des travaux..... Construction de la voûte...... 6 noût — 22 septembre 1903 Décintrement..... Ouverture à la circulation......

automno 1902 $14\ {\rm septembre}\ 1904$ octobre 1904

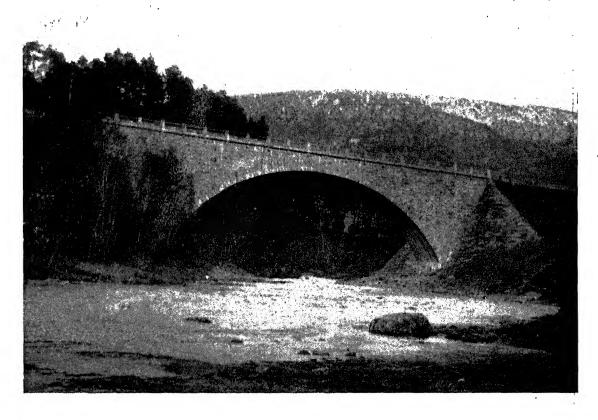




2. Personnel.

Projet : Service de la Construction des Chemins de fer de l'État norvégien. Direction des Travaux : L'Ingénieur en Chef du Chemin de fer de Bergen (partie ouest).

 $\Phi_i = (S_i)$



SOURCE:

S_c. Dessins d'exécution, renseignements et photographies qu'a bien voulu-me communiquer la Direction des Chemins de fer norvégiens, sur la gracieuse intervention de M. E. A. H. Sinding, Directeur de l'École Polytechnique de Christiania, — mai 1911.

PONT SUR LE KRENNGRABEN PRÈS DE DIRNBACH! (Haute-AUTRICHE) Ligne de Klaus-Steyrling à Selzthal (Pyhrnbahn)

1904–1905

A¹ I² (> 40m)¹⁷

Φ₁ (S₁)

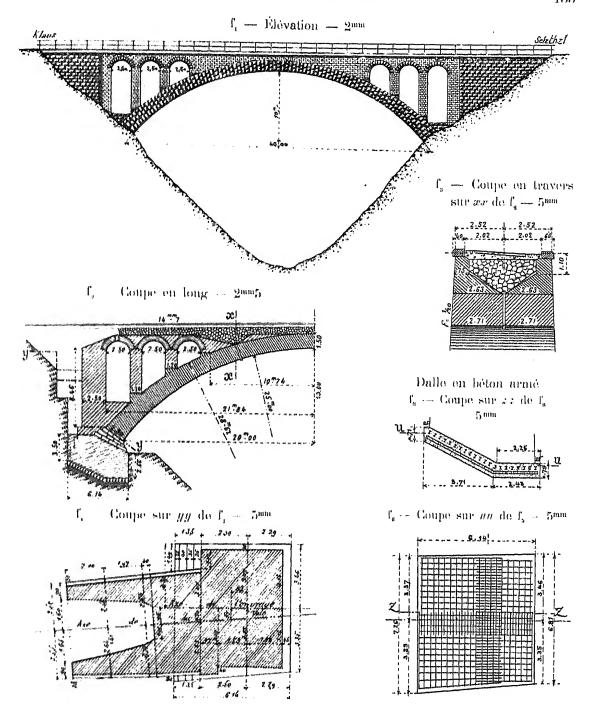
4. Dispositions en vue de la courbe " du tracé. — Les têtes sont planes.

A la tête du côté du centre, la plinthe est en ligne brisée. Les côtés extrêmes sont posés sur 5 corbeaux $(\Phi_i,\,f_i,\,f_i,\,f_i)$, dont voici les dimensions :

Corbeaux				
6.36 1 2 3 3 5 5 3 5 5 3	New	æ	,//	·
106 106 106 106 100 17-17 11111-1"	l . 2	45° 40	85° 78	31· 24
<i>y</i>	3	35	71	18
for according to the control of the	5 5	30 25	64 57	11
A THE STATE OF THE			•	

1. — entre la station de Dirnbach et la halte de St. Pankraz.

2. — Sur S',, le rayon n'est pas coté. — D'après les ordonnées de la courbe, il est d'environ 320°.



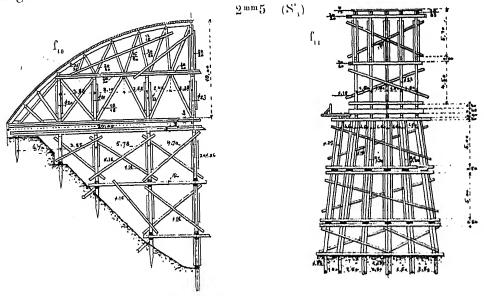
2. Viadue d'évidement. — Les bandeaux et la douelle sont en calcaire ; les piles et tympans, en béton moulé (S₄).

Les crossettes d'appui des piles, en granit, dépassent l'extrados de la grande voûte : elle n'est pas entamée.

Aspect. — Il y a trop de tympan au-dessus de la clef.
 Les piles d'élégissement sont trop épaisses (1^m20 pour une portée de 2^m50).

136

4. Cintre. — On a inauguré là le mode de décintrement inventé par M. l'Ingénieur en chef Zusser 3.



Il n'a fallu que deux traits de seie pour détacher le cintre (S_i) .

5. Dates.	
Fondations	4504
Grande voùle	1905
Oursetting à la giraulation	novembre 1905

6. Personnel (S",).

Ingénieurs : Projet et Direction des Travaux : Service de la Construction des Chemins de fer de l'Etat.

Direction générale à Vienne : M. J. Zuffer, Directeur du Service.

Direction locale à Windischgarsten.

Entrepreneurs: MM. E. Prost et C', à Vienne.

3. — décrit dans la monographie du Pont sur le Palmgraben A Pr (> 40°)8 — Tome II.

SOURCES:

S₁. — Dessins (S'₁) et renseignements (S''₁) que m'a gracieusement communiqués le Ministère des Chemins de fer, à Vienne, sur la demande qu'en a bien voulu faire l'Ambassadeur de France à Vienne, M. Philippe Crozier.

S₂. — Geschichte der Eisenbahnen der æsterreichisch-ungarischen Monarchie, VI Band, 1898-1908, II Band. « *Der Brückenbau der neuen Alpenbahnen.* — A. Steinbrücken ». Josef Zuffer, p. 74 à 87.

 S_s . — Zeitschrift des æsterreichischen Ingenieur-und Architekten Vereines, 1908, p. 174 à 176 : « Die Ausrüstung der grossen Wölbbrücken im Zuge der neuen Alpenbahnen », J. Zuffer, K. K. Ober-Baurat.

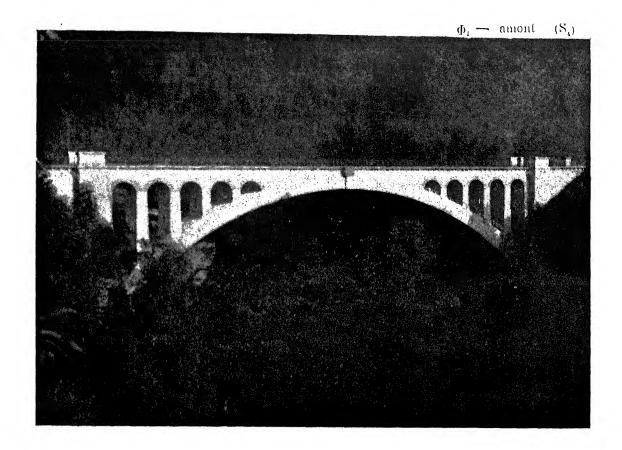
 S_4 . — Ce que j'ai vu — août 1909.

PONT SUR LA STEYRLING (Haute-AUTRICHE)

Ligne de Klaus-Steyrling à Selzthal (Pyhrnbahn)

1904 - 1905

A¹ F^r (> 40m) 18



1. Tympans. — Les voûtes d'évidement sont, comme leurs piles, en béton moulé.

Ces piles sont trop épaisses : pour 3^m25 de portée, 1^m45, 1^m40, 1^m35, 1^m25.

Il y a trop de plein au-dessus des petites voûtes.

Les corbeaux sous la plinthe ne saillent pas assez.

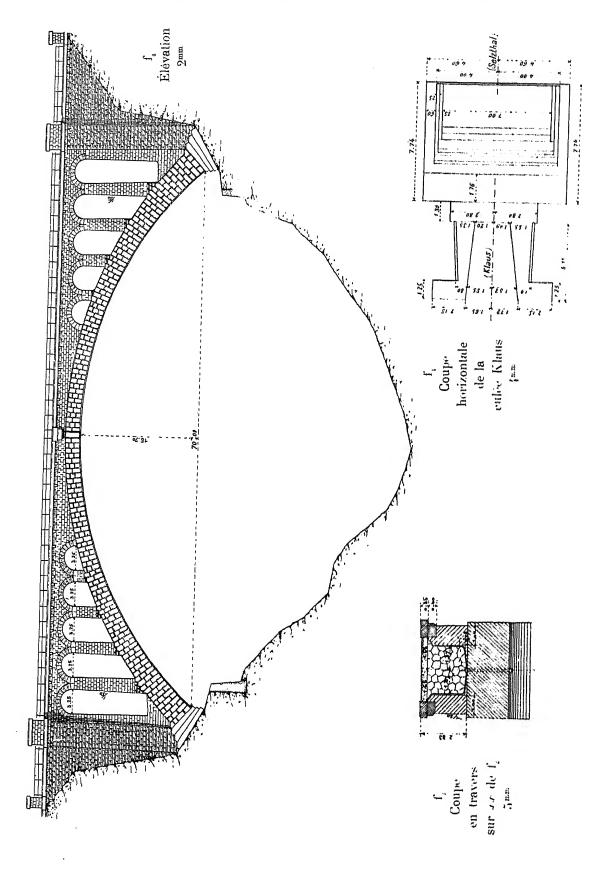
2. Cartouche de clef (S_i) . — Le refuge au-dessus de la clef porte, sur granit poli, cette inscription :

Steyrling Brücke erbaut

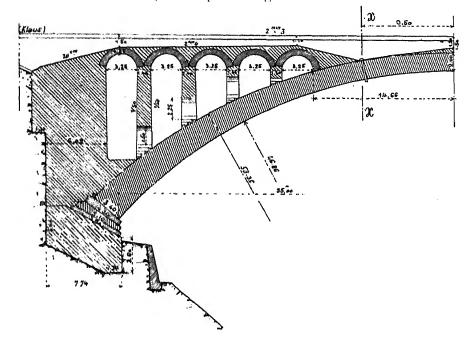
erbaut - 1905

On aumit pu la mieux placer.

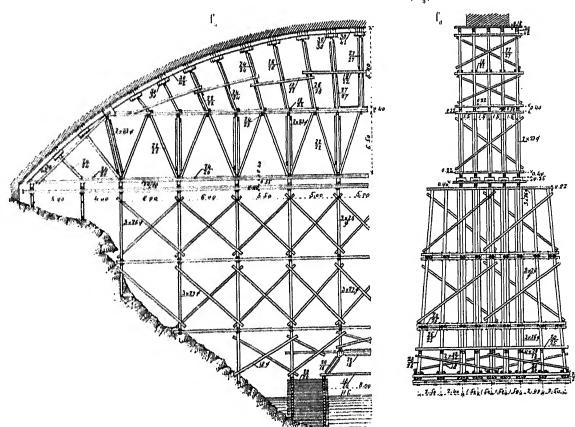
1. ~ Entre les stations de Klaus et Steyrling, tout près de la station de Steyrling.



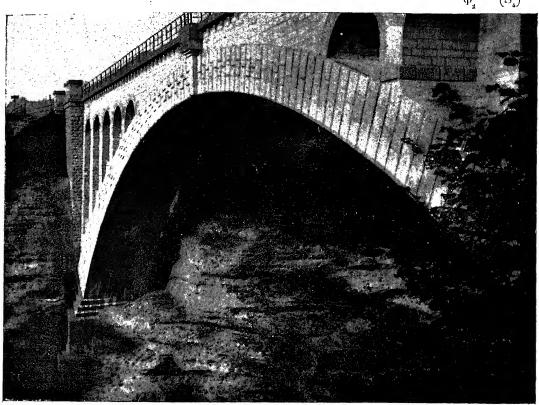
f. — Coupe en long — 2mm5



Cintro $= 2^{mm}5$ (S_a)







3. Dates.

Commencement des travaux	été 1904
Grande voute	automne 1904 — printemps 1905
Ouverture à la circulation	49 novembre 4 905

4. Personnel (S",).

Projet et Direction des Travaux: Comme au Pont sur le Krenngraben 2. Entrepreneur : MM. E. Gross et $C^{\mbox{\tiny ie}}.$

2. $=\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle \mathrm{I}} \; \mathrm{Fr} (\geqslant 40^{\scriptscriptstyle \mathrm{m}})^{17}$, - Tome III.

SOURCES:

 $S_{_{1}},~S_{_{2}},~du~Pont~sur~le~Krenngraben~\widehat{\pmb{A}}^{_{1}}~F^{_{T}}~(\geqslant~40^{m})^{17}$.

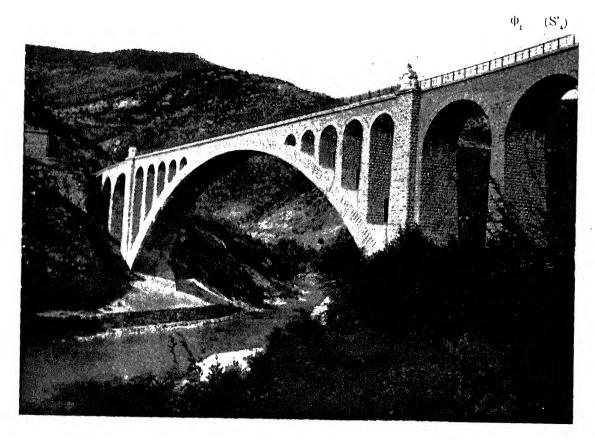
 $\mathbf{S}_{\scriptscriptstyle{\mathbf{3}}}.$ — Dessins du cintre, gracieusement communiqués par M. H. Studer, Ingénieur des chemins de fer rhétiques, à Zuoz (Engadine), — novembre 1912.

 S_4 . — Ce que j'ai vu — août 1909.

PONT SUR L'ISONZO, PRÈS DE SALCANO (AUTRICHE, - Küstenland Ligne d'Assling (Carinthie) à Trieste, par Goritz ² - Wocheinerbahn

1904-1906

 $\widehat{\pmb{\mathsf{A}}}^{\mathsf{T}} \, \, I^{\operatorname{Cr}}_{\left(\mathbb{R}^{n} - \frac{r}{2}(\mathbb{R}^{n})} \mathbf{1} \, \mathbf{9} \right.$



- 1. Pourquoi on a fait un pont en maçonnerie (S_n) . Un pont métallique était cher à monter, difficile à remplacer.
- 2. Pourquoi on a fait une voûte de 85^m. On avait d'abord projeté une voûte de 80^m. En 1904, on en commença les fouilles. Mais sous le conglomérat dur de la surface, on trouva : à gauche, du sable, à droite, un éboulis argileux '.

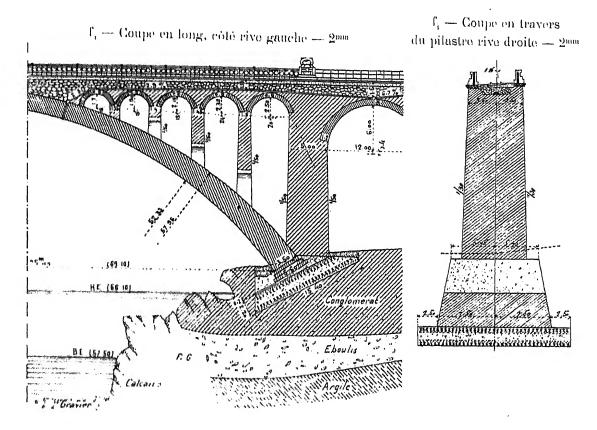
Après avoir reconnu le sol par des puits et une galerie de sondage, on déplaça la culée gauche (Goritz) de 14^m en amont sur le conglomérat, et on conserva la culée rive droite.

L'ouverture de la voûte fut ainsi portée à 85^m (S_i).

- 3. Aspect (S_i). L'ouvrage est bien et simplement traité. Le corps central est en calcaire blanc ; les viadues d'accès sont en calcaire grisbleuâtre, à parements moins soignés.
 - 1. · Près de Goritz, entre le « Staatsbahahof » de Goritz et la station de Plava.
 - 2. En allemand : Gorz. 3. « Lehmiges Dergschättmaterial ».

T. III. = 20.

Les pilastres qui encadrent la grande voûte sont secs, maigres, assez pauvrement couronnés.



La plinthe de la grande voûte pourtourne les pilastres, au lieu de s'y arrêter. Son garde-corps, bien que plus étoffé, se voit à peine.

Le vinduc de rive gauche a, entre les voûtes de 10^m et 12^m , une pile plus épaisse que les autres, sans contrefort on saillie qui la distingue des voisines.

- 4. Chape (S₃). La même qu'au Pont sur le Palmgraben 4.
- 5. Joints de dilatation (S_n). Les deux dernières voûtes d'évidement retombent sur une couche d'amiante de 9^{mm} entre deux voussoirs à surface polie ; le tympan au-dessus est coupé par un joint vertical de feutre asphalté, caché aux têtes par du mortier, lequel s'est fissuré.

Au-dessus, la chape est recourbée : elle peut ainsi s'étendre sans se fendre.

A la fin de 1909, on n'avait pas observé de fissures dans les tympans.

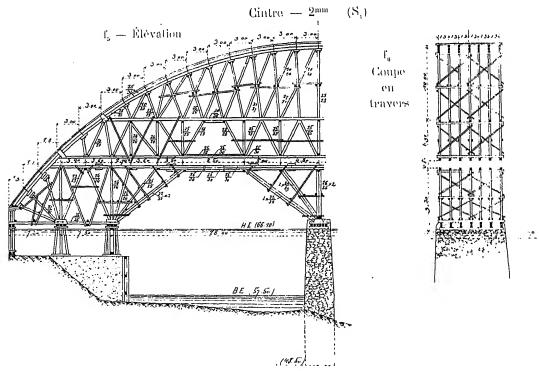
6. Matériaux. — A. Grande voûte (S_i). — Elle est tout entière en pierre de taille de calcaire de Nabresina (résistant à 1200 k en cubes de 6 m), à mortier de ciment à 1 3 %.

4. - A F (100)8, - Tome II.

B. Autres parties de l'ouvrage (S₁). — Sauf dans la grande voûte et les gradins des appuis, les maçonneries sont à mortier de ciment à 1/5, et moellons ordinaires, assisés en parement.

7. Cintre. — On n'osa pas retrousser le cintre entre les deux berges. D'autre part, dans un torrent à crues de 8^m60°, on ne pouvait pas l'appuyer sur une palée en bois; on le soutint en son milieu par une pile en maçonnerie fondée à l'air comprimé, sur caisson en mélèze, encastré de 0^m50 dans le schiste, à 9^m sous l'étiage. On la fit sauter à la mine, l'ouvrage fini (S₂).

C'était, pourtant, la fondation toute faite d'un pont à deux arches. Sur berges, le cintre s'appuyait sur des socles en béton.



5. — Soient : k₁, la résistance d'une pierre taillée en cubes,

 k_{s} , celle du mortier, K, la résistance sur laquelle on peut compter pour la magonnerie.

On a proposé la formule:

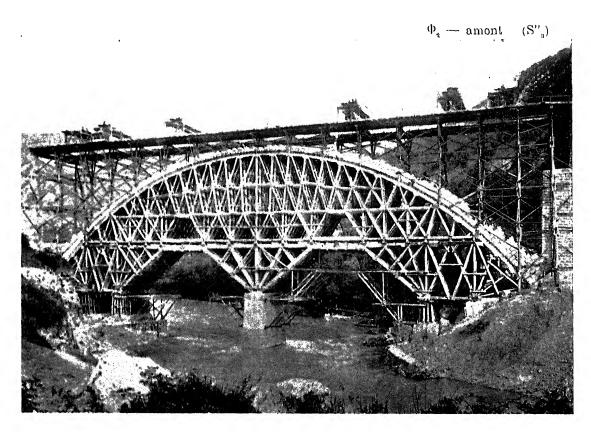
 $K=1/3~k_1+2/3~k_2$ formule indiquée dans la Zeitschrift für Architektur- und Ingenieurwesen, 1907, p. 403 à 440 : « Über weitgespannte « Wölbbrücken » — Karlsruhe, mai 1907, - D' Ing. Fr. Engesser, - p. 426.

Elle donne ici 570°, soit un coefficient de sécurité de 11 (S₁).

6. — L'Isonzo monte de 8th en quelques heures (S₆).

Pendant qu'on fondait la pile du cintre, il y eut, de mai à décembre 1904, 6 crues de plus de 3°50. Le 24 juin, le bateau installé pour battre les pieux fut coulé; le 14 septembre, une partie de l'échafaudage fut emporté, un charpentier tué; le 24 novembre (crue de 6°), l'échafaudage, le sas à air, la grue, furent emportés (S.).

On soigna les assemblages (tenons et mortaises), et on boulonna tous les croisements (S_4) .



Comme on ne comptait pas construire par rouleaux, le cintre a été calculé pour « presque tout le poids de la voite » (S_i), avec un travail maximum de 60^k (S_i).

8. Fondations (S_i) . — On rencontra dans le conglomérat de rive gauche des fissures et des cavernes qu'on bourra de béton à 1-12.

Pour ne pas dépasser 4^k , on établit, au fond de chaque fouille, une dalle en béton à 1–2 3 (S₄) de 2^m20 d'épaisseur, ayant, à la rive gauche, $15^m4 \times 14^m5$, — à la rive droite, $20^m \times 16^m5$, armée de 4 cours de fers en \mathbf{I} croisés, badigeonnés au préalable d'un lait de ciment.

Il y a, dans les deux dalles, 100 tonnes de fer.

La pression de la voûte est étalée sur les dalles en béton par 3 assises de pierre de taille en gradins.

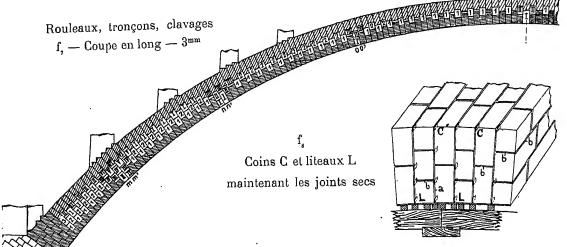
On eut soin de murailler et de bétonner (béton à 1/12) la fouille abandonnée de la culée rive gauche, et on en protégea le pied.

- 9. Exécution de la grande voûte (S_i) . $A_i I^{er}$ rouleau thachures servées, f_i). On posa sur le cintre, à sec, tous les moellons de douelle; on les répartit par des taquets en 8 tronçons f_i (S_i) .
 - 7. . La pierre taillée avec soin, glisse sur le platelage à partir de 55° sur la verticale.

Billots

Zuffer

Les joints de 16^{mm s} (S_s), étaient maintenus par des coins C (f_s), et des liteaux L (S_s). On les mata tous au mortier de ciment Portland ⁹ à 1/3, à l'état de terre humide ¹⁰, avec des spatules en fer ¹¹ (S_s), les intervalles des taquets demeurant vides.



B. - 2' rouleau (moellons sans hachures f_7). — Puis on posa les voussoirs 1, 2 (f_7) sur lits de mortier dans les joints f_7 0 (f_8 1), en matant les joints montants f_8 1 (f_8 2).

Après prise, on clava à la fois les deux rouleaux, aux taquets mm', nn', oo', par les moellons I et II (f_i) (S_i) . On posa en même temps le queutage dans l'ordre I à VI (f_i) (S_i) .

- C. 3° rouleau (hachures espacées f_{ν}). On posa les voussoirs et on mata aussitôt les joints « sans s'astreindre à aucun ordre » (S_{i}) .
- 10. Décintrement. Les billots Zuffer, précédemment employés à Palmgraben ¹², Schalchgraben ¹³, Krenngraben ¹⁴, Steyrling ¹⁵, ont été, à Salcano, disposés comme l'indique le croquis f₀ (S₄).

La surface d'appui b'd' était calculée pour $60^{\rm k}/\overline{0^{\rm m}01^2}$.

On enleva d'abord les angles abcd – ce qui ne réduit pas encore la surface d'appui, mais diminue la hauteur à scier.

Ensuite, on donna les traits de scie ba', puis bb' (S₁).

On attaquait en même temps, aux 7 fermes, les billots de deux files transversales symétriques par rapport à la clef, en allant des retombées vers la clef au premier trait de scie, en sens inverse au deuxième (S_s) .

Le premier fit tasser la clef de 4^{mm} . Le deuxième, donné après arrêt du tassement, détacha le cintre $(S_{\mathfrak{s}})$. En moins de 5 heures, on libéra l'arc.

8. — On les avait prévus à 12^{mm}. Mais, surtout dans les plus profonds (1^m20), on ne pouvait introduire facilement le mortier à la truelle, bien que les lits eussent été dressés avec soin. On les élargit de 2 et 4^{mm}, ce qui augmenta le développement de l'arc: on compensa, en réduisant de 6^{cm} à 8^{cm} l'épaisseur des assiscs de clavage (S₆).

9. — de l'Adriatischen Portlandsement-Aktiengesellschaft de Spalato.

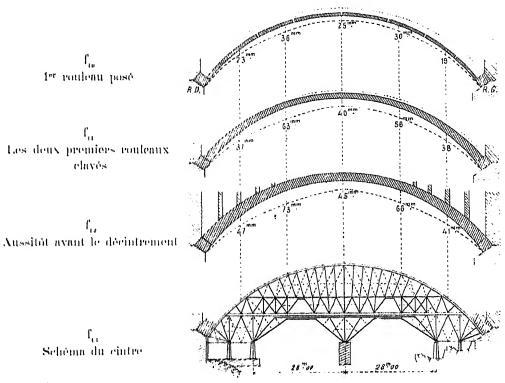
10. — A la fin du matage, l'eau refluait à la surface ($S_{\scriptscriptstyle 0}$).

11. — A chaque coup de masse, on sentait vibrer le voussoir (S_6) . On pouvait retirer à la main les coins C le lendemain du matage (S_1) .

12. - $\mathbf{\hat{A}}^1$ Fr ($\gg 40^{\text{m}}$)8; 13.- $\mathbf{\hat{A}}^1$ Fr ($\gg 40^{\text{m}}$)9, Tome II. 14.- $\mathbf{\hat{A}}^1$ Fr ($\gg 40^{\text{m}}$)17; 15.- $\mathbf{\hat{A}}^1$ Fr ($\gg 40^{\text{m}}$)18, Tome III.

Les billots Zuffer se comportèrent « de manière réritablement remarquable » 16.

11. Tassements du cintre pendant la construction de la voûte (S,).



Le tassement a continué après le clavage des 2 premiers rouleaux 17. Au-dessus des passes, la voûte a plus tassé qu'au droit des appuis.

12. Mouvements de la voûte au décintrement (S_s). — Tout

décintrement Axe de la voûte - après et relèvements (\pm) en mmamont

au contraire, au décintrement, elle s'est aplatie au cerveau et cambrée aux reins.

On a donné cette explication:

D'après l'épure, la résultante des actions sur le sol agit sur la moitié arrière. Créce par le décintrement, elle a comprimé l'éboulis et le conglomérat plus à l'ar-

rière qu'à l'avant, et fait pivoter la culée vers l'arrière.

On n'a pas constaté de fissures dans la voûte.

Chaque culée a reculé de $0^{\min}2$ environ.

On avait surhaussé la clef de 20^{cm} : elle n'a tassé que de 5^{cm}. On a racheté la différence (45°) en réduisant de 102° à 87° la revanche du rail sur l'extrados.

-3.5 - 1.5

 $_{\circ}$ in wirklich ausgezeichneter Weise » (M. Zuffer, + S5).

^{17. -} contrairement à ce qui s'est passé pour la plupart des grandes voûtes construites par rouleaux (Voir Tome Vi

13. Mouvements de la clef dus aux variations de température (S_a).

Dates			ratures s Celsius	Abaissements par rapport au 15 septembre 1905		
	Dates	au soleil à l'ombre		de la température à l'ombre	de la clef	
Septembre 1905	15 - 3h s 18 - 8h m		+ 27° + 18°	9°.	» 45 ^{mm}	
Janvier 1906	$5 - 3^{h} s$ $8 - 3^{h} s$		+ 3° + 2°	24° 25°	55 ^{mm} 5	

14. Dates (S,, S,).

Fondations		juillet 1904 — mars 1905
Cintre	Pile en maçonnerie	
Grande voute 18 jours de travail effectif (90** par jour)	des 5 premières assises)	5 juin 1905 10 juin 14 juin 15 juin 25 juin — 1 ^{er} juillet 8 août
Achèvement d Ouverture à la	les maçonneries circulation	mi-novembre 1905 19 juillet 1906 (S_a)

15. Quantités et Dépenses (Partie centrale, entre les clefs des voûtes voisines de la grande arche, - 9420 m²) (S4).

A. Quanu	tés et Prix d'unité.	Quantités	Prix d'unité
Fouilles dans l	a terre et le rocher	7600°	2118
/	Béton à 1/4/6	1189mc	28198
Maçonneries	Moellons ordinaires	3338***	28198
à ciment	- appareillés en voûte	351 mc	39148
Portland ·	Moellons équarris id.	171mm	54180
	Parements vus de moellons ordinaires	2800 ^{mq}	3:02
 	Pierres de taille pour la grande voûtc	1941ma	162175
des families	$1 \text{ arme } $ Beton $a 1/2/3 \dots $	1270m	39+90
acs tondan	ous / Poutrelles en jer.	102т	3401
ont de service	c (Bois ronds 510 inc; bois equarris 116 inc)	626me	<i>)</i>)
(Bois Partie supérieure	568me	» ·
1	Bois tandra (rond 120 - inférieure	463me))
Cintre {	(equarit 1000 Piellx	178me	»
. /	Fers (Partie supérieure 4+7)	1()1	»
	Pile en maçonnerie (Fondation à l'air comprimé.	716 ^{me}	182770
oida da :	(Elévation	33G***	23 (6)

B. Prix totaux.

		1	Rive droite	Rive gauche	
Culões	1	Terrassements Dalles en béton armé Pierres de taille sous les retombées. Autres unaçonneries		2544 ° 30355 °5 11896 °5 6972 °	
			1350301	517651	1867951
Pilastres	4. jı	isqu'nu nivenu des retombées des v	ontes voisines	(a)	466201
Grande	voti	to (h)			2864401
Magonia	Tie	s nu-dessus de a et b			64260°
Chape, ;	gnr,	gouilles, remplissage			12180°
		s. parapets			46515°
		en rivière : 1325909			2879101
Défense	et i	assèchement des fauilles			15750 °
		orécautions contre le feu, travaux e			130201
Fouille i	ive	gauche abandonnée			15540°
					975030 f

16. Personnel (s. s.).

Ingénieurs :

Projet d'ensemble et Direction générale des Travaux. * . * Service de la Construction des Chemins de fer de l'Etat.

« Hofrat » J. Zuffer, Directeur du Service, à Vienne.

Direction locale, M. Léopold di Gasperra, puis M. Otto v. Bertele, Ingénieurs en chef à Goritz. M. Heinrich Bincer, Ingénieur (S_c).

Projet de détail et Surveillance des Travau.r. M. Örley, Ingénieur à Salcano $(S_{\mathfrak{s}})$. Calculs. M. Robert Schönhöfer, Ingénieur $(S_{\mathfrak{s}})$.

Entrepreneurs : (Grande voûte et ses deux pilastres) : les frères Redlich et Berger.

SOURCES:

S. Zeitschrift des æsterreichischen Ingenieur- und Architekten Vereines, 29 octobre 1909, p. 701 å 705. Pl. IX: a Die gewöllte Brücke über den Isonzofluss bei Saleano », Ingenieur Rudolph Jaussner, Inspektor im K. K. Eisenbalm-Ministerium.

Les dessins t_i a t_s sont extraits de S_{ij}

- 84. Geschichte der Eisenbahmen der æsterreichisch ungarischen Monarchie, VI Band, 4898-1908, H Band. 4 Der Brückenbau der neuen Alpenbahnen. A. Steinbrücken ». Josef Zuffer, p. 73 à 87.
- $S_{s}=Renseignements (S_s') et photographie (S_s') gracieusement donnés par le Ministère des Chemins de fer à Vienne.$
 - S. Geque j'ai vu ; (S'₄) octobre 1908, (S"₄) aout 1909.
- 8. Zeitschrift des æsterreichischen Ingenieur und Architekten Vereines, 1908, p. 174 à 476 : « Die Ausrüstung der großen Wölbbrücken im Zuge der neuen Alpenbahnen ». J. Zuffer, K. K. Ober-Baurat.
- S. Id., 1910, 19 août, p. 529 à 532 ; 26 août, p. 541 à 546, « Erfahrungen und Brobachtungen beim Ban der 85^m weiten Wölbbrücke über den Isonzo bei Salcano » von Ing. Dr. Leopold Örley, Bankommissär der K. K. österreichischen Staatsbahnen.

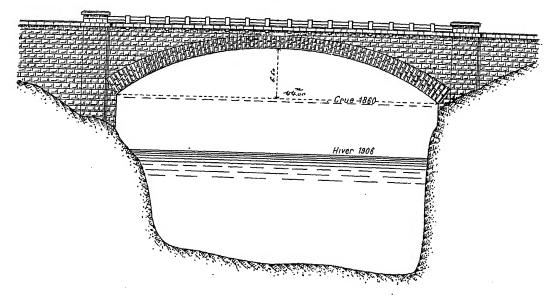
PONT SUR LE HALLINGDALSELVEN, A SVENKERUD (NORVÈGE)

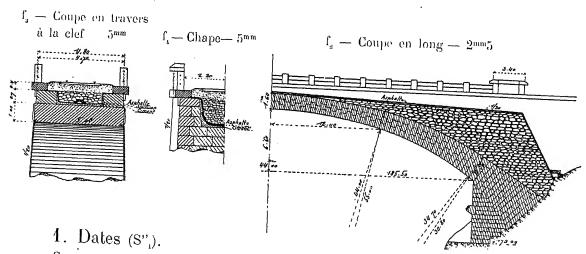
Chemin de fer de Christiania à Bergen

1905-1907

 $\widehat{\overline{\textbf{A}}}^{_{1}}\;F^{_{r}}(\geqslant 40^{m})^{_{2}0}$

 f_i — Élévation — 2^{mm}



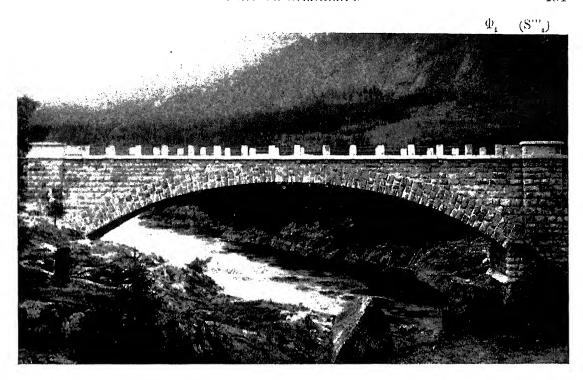


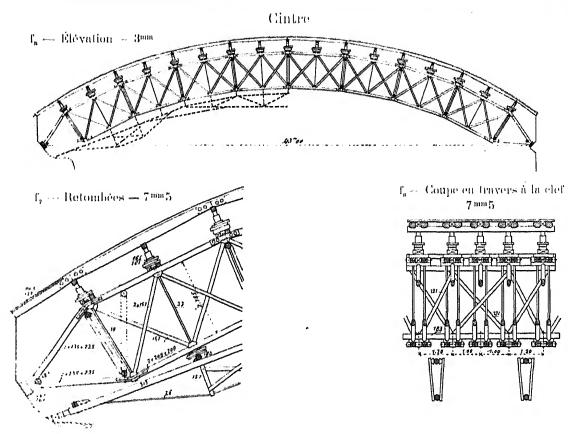
Commencement des travaux	-
Construction de la voûte. Décintrement	septembre 1905
Décintrement. Ouverture à la circulation	10 juillet - 26 octobre 1906
Ouverture à la circulation	2 mai 1907
	13 mai 1907
() r)	

2. Personnel (S",).

Projet : Service de la Construction des Chemins de fer de l'Etat norvégien.

Direction des Travaux : L'Ingénieur en chef du Chemin de fer de Bergen (partie Est).





SOURCES : Celles du Pont sur le Strandeelven $\widehat{\textbf{A}}^1$ Fr $(>40^m)^{16}$ – Tome III.

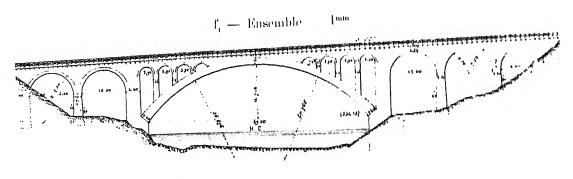
PONT SUR LA MURG, PRÈS DE LANGENBRAND

(ALLEMAGNE, - Grand-Duché de Bude)

Chemin de fer de Weisenbach à Schönmünzach

1907-1909

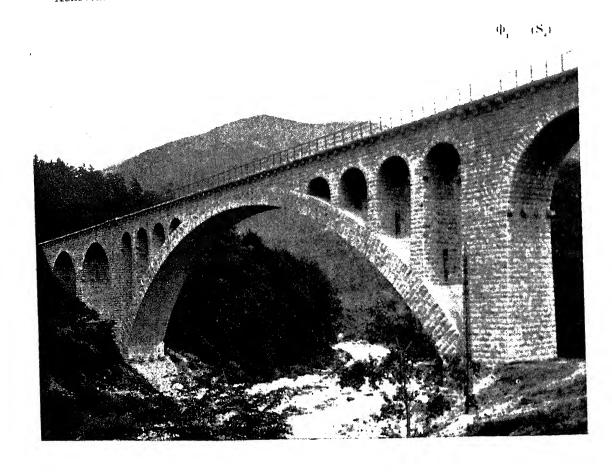
 $\widehat{\textbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \, \, F^{\scriptscriptstyle P} \, (\sim 30^m)^2 \, I$

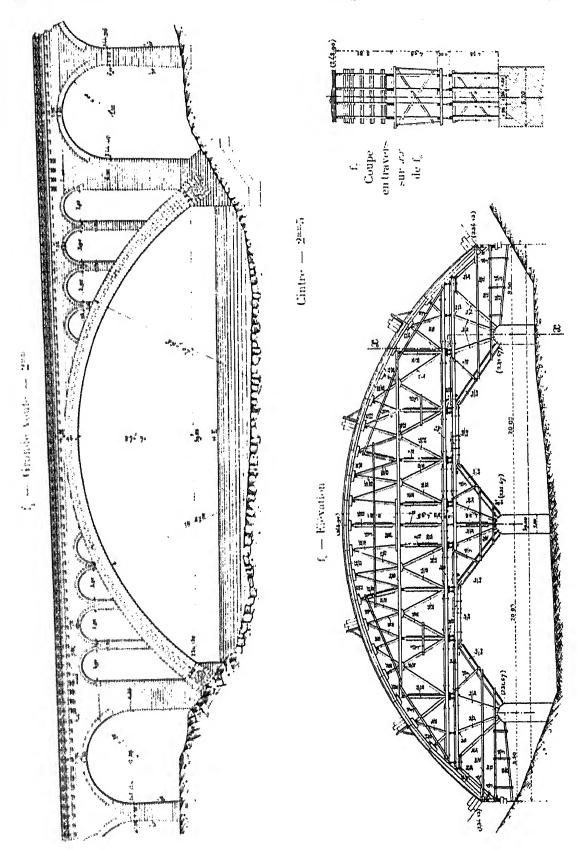


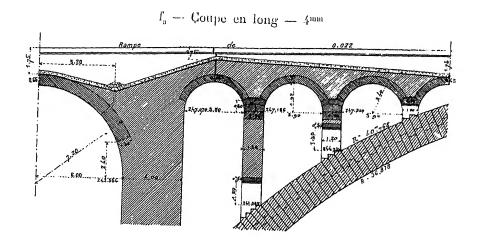
A. Dates (S",), (S,).

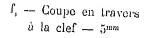
Fondations..... 1er septembre 1907 - Pr mai 1908 Grande volte..... Achèvement des travaux.....

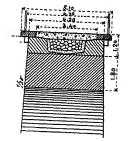
30 septembre - 14 decembre 1908 8 fevrier 1909 fin noût 1909 (S_i)

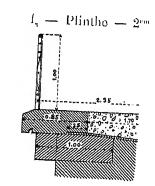












2. Personnel (S",).

Projet et Direction des Travaux : Inspection de la Construction des Chemins de fer, à Gernsbach.

Entrepreneur: M. Wilhelm Bruch, de Berlin.

SOURCES:

 S_i . — Dessins d'exécution (S'_i) et renseignements (S''_i) , gracieusement communiqués par la Direction des Chemins de fer du Grand Duché de Bade.

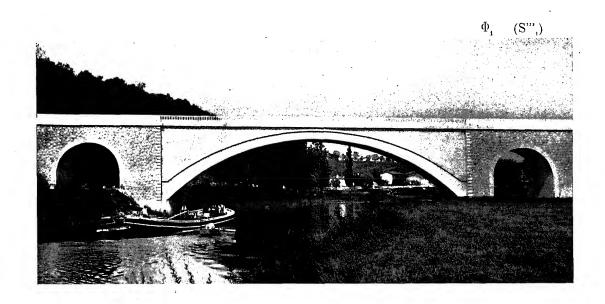
 $S_{\rm s}$ — Deutsche Bauzeitung, 1910 : 17 septembre, p. 593
ń 595 ; 24 septembre, p. 609 et 610; 1er octobre, p. 629 à 634 : « Eine neue Schwarzwaldbahn Weisenbach-Forbach », von Regierungs-Baumeister Gaber, in Heidelberg.

PONT SUR LA CHARENTE 1, PRES DE LUSSERAT (CHARENTE-INFÉRIEURE)

Ligne de Saint-Jean-d'Angély à Saujon

1908-1910

 $\widehat{\overline{\textbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1} \; F^{\scriptscriptstyle \mathbf{r}} (\geqslant 40^{\scriptscriptstyle m})^{\scriptstyle 22}$



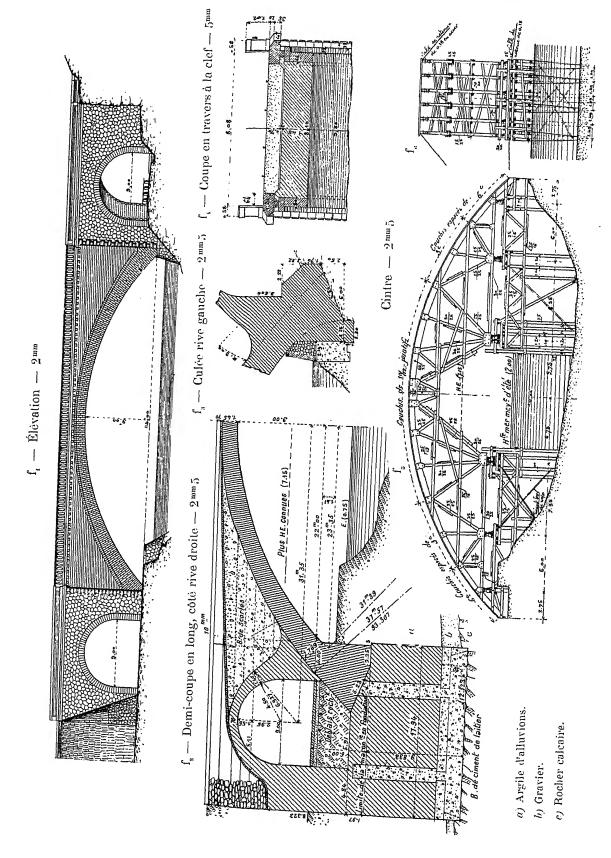
- 1. Pourquoi on a fait une grande voûte. Pour ne pas gêner la navigation.
- 2. Appareil. A. Bandeau. Le dessous de l'archivolte et les arcs passant par les queues des voussoirs divisent chaque joint en 5 parties égales.
- B. Culées (S₃). Au-dessus de murs à joints incertains et gros bossages, un couronnement en pierre de taille lisse ne semble pas à sa place.

 Les bandeaux des voûtes latérales paraissent maigres.
- 3. Fondation, à l'air comprimé, de la culée rive droite (f₂). On put, dans le caisson, déblayer l'argile à sec, jusqu'à 7^m60 sous l'étiage.

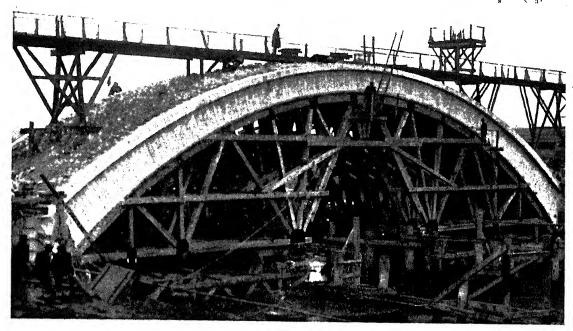
Après l'avoir rempli, on y comprima un coulis de ciment 2, à $2^k/\sqrt[3]{0^m 04^2}$: il en entra très peu.

^{1. -} à 3 en amont de Saintes.

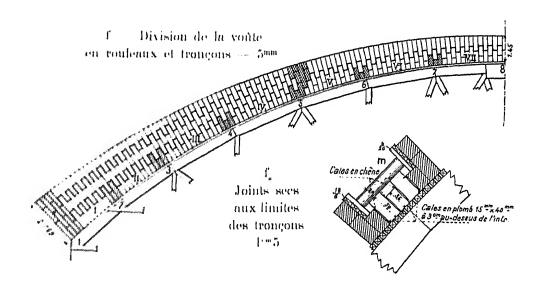
^{2. —} Comme au Pont de Marmande. (Annales des Ponts et Chaussées, février 1883, « Fondations à « l'air comprimé d'un pont sur la Garonne, à Marmande ». M. Séjourné).





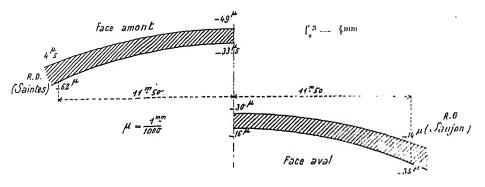


4. Exécution de la grande voûte (f., f.). — A. - Division en rouleaux. Elle a été construite en 3 rouleaux, le 2º limité aux reins.



B.-1'' Rouleau. — On l'a exécuté en 43 tronçons, séparés, au-dessus des points fixes du cintre, par 44 intervalles formés de 3 voussoirs posés à sec (f_s) . Les mocllons de queutage du f^{rr} rouleau s'appuyaient sur des madriers $m(f_s)$. π . II. = 22.

5. Mouvements au décintrement (mesurés avec 8 appareils Manet-Rabut à tiges de 1^m) (S"₄).



6. Mouvements dus à la température (S^n_{ij}) . — Pour un abaissement de température moyenne de 17^n (de $+13^n$ à -4^n), on a observé un abaissement à la clef de 6^{mm-1} .

7. Dates (S",).

Fondations	avril-decembre 1108
Grande voute	noùt-octobre 1909
Décintrement	20 octobre 4909

8. Personnel (S",).

In minimum on abot	jusqu'en 1908 après	M. Meunier.
ingenieurs en chei	après	M. Perrier.
Ingénieur ordinaire	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	M. Alexandre.
**		

Entrepreneurs: MM Marlaud.

En supposant encore que la courbe déformée reste un arc de cercle, l'abaissement correspondant à la clef est 4m5 au lieu des 6 mesurés.

SOURCES:

^{3. -} De ces chiffres, M. Alexandre conclut qu'au décintrement, la courbe de pression passant, a la clef, à $6^{\circ m}$ au-dessus de la fibre moyenne, - aux reins, près du 1 3 inferieur (S_3) .

^{4. -} M. Alexandre donne co calcul:

Le développement moyen de 1n voûte est de 54°, dont pour les joints de mortier : $0.4 \times 54\% - 21\%3$). Si on admet pour le coefficient de dilatation du mortier de ciment, 11×10^{-6} , et si on considere la pierre calcaire comme non dilatable, on trouve, pour un abaissement de 17°, un raccourcissement de : $17^* \times 11 \times 10^{-6} \times 21^*60 - 4\%$

 S_i . — Dessins d'exécution (S_i^i) , renseignements (S_i^{ij}) et photographie (S_i^{ij}) gracieusement communiqués par M. Alexandre.

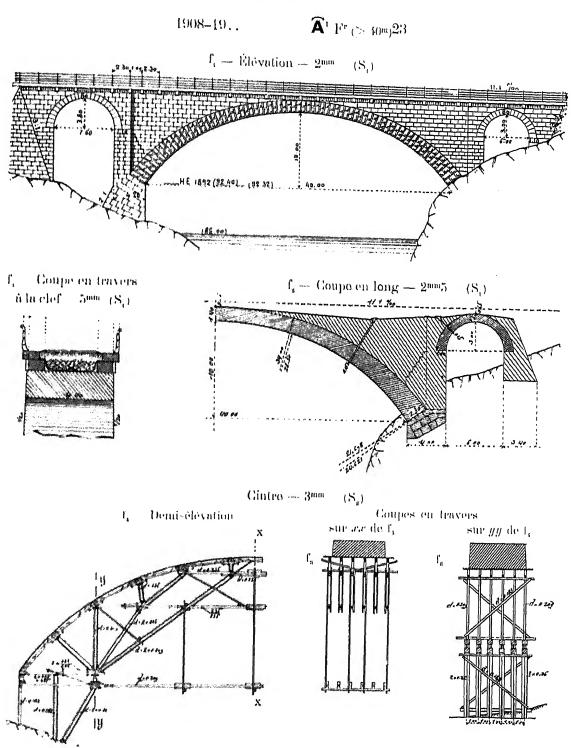
 S_2 . — Ligne de Saint-Jean-d'Angély à Saujon. — Rapport sur l'exécution des travaux et les dépenses effectuées. — MM. Perrier et Alexandre, — p. 55 à 63, Pl. 8 et 9 : « Pont sur la « Charente ».

 S_s . — Ce que j'ai vu — octobre 1909.

Ce qui n'est pas spécifié S_1 ou S_3 est de S_2 ,

PONT SUR LE NIDELVEN, A BOÏLEFOS (NORVÈGE)

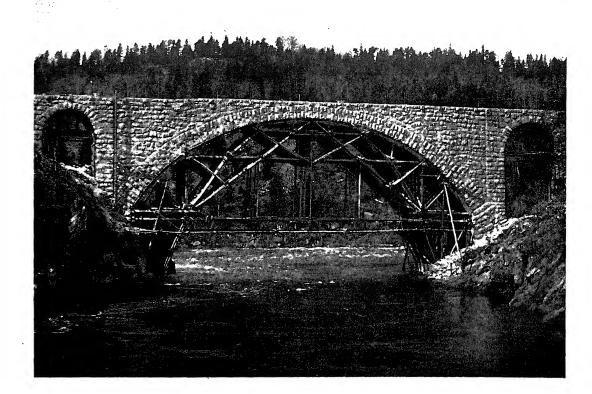
Ligne d'Arendal à Aamli



1. Personnel (84).

Projet : Service de la Construction des Chemins de fer de l'Etat norvégien.

Direction des Travaux : L'Ingénieur de la ligne Arendal-Aamli.



SOURCES:

- S_i, \dots Dessins d'exécution gracieusement communiqués par M. O. Carlsen, Directeur de l'École Polytechnique de Bergen, avril 1911.
- S_2 . Dessins du cintre et renseignements, gracieusement adressés par M. Fleischer, (Direction des Chemins de fer de l'État norvégien à Christiania), mai 1912.
- S₃. Photographie qu'a bien voulu me donner M. Jenssen (Direction des Chemins de fer de l'État norvégien à Christiania), novembre 1912.

PONT SUR LA THUR, A LICHTENSTEIG (SUISSE, - Saint-Gall)

 $Ligne_Romanshorn-S^t, Gall-Uznach_(Bodensee-Toygenburg-Zurichsee)$

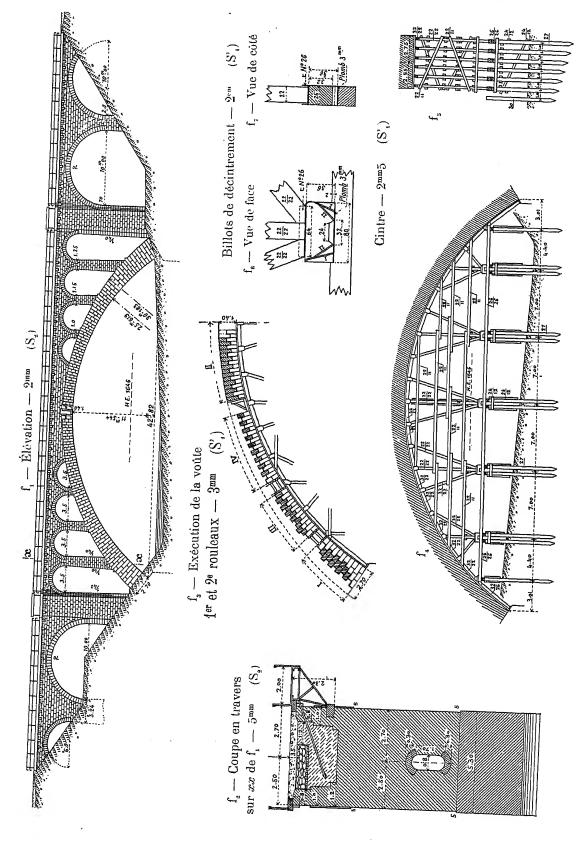
 $\mathbf{A}^{+}\mathbf{P}^{*} \geqslant 30^{m}\mathbf{P}^{2}$ $\Phi_{1} = (\mathbf{S}_{n})$

1. Efforts dans la voûte en kg 00012, (Mêthode Ritter).

sous une surcharge de 1800°, m²:	Cler	Joints de rupture	Retombées
thre $(S^{\alpha}_{i_1})$	27 ¹ / ₅ 31 ¹ / ₅	28 ^k () 1 ^k 5 (tension)	53,5
c_s pour un recul des culées de $1^{on}(S_s)$: c_s avec resistance à la tension	384		() ^k () (tension)
e, suns résistance à la tension	₹()r		42k

2. Cintre. — A. – Efforts (S'4). — Les montants et contrefiches travaillent à 23°5; les vaux à 80° (limite admise); les billots de décintrement, à 20° normalement aux fibres, à 60° dans le sens des fibres.

Les pieux portaient au plus 12°5.



 B_* - Surhaussement de 80^{mm} (S'₄). — On l'a calculé par la formule : $4^{mm} + 2^{mm5} [2 a \text{ (portée en mètres)} - b \text{ (montée en mètres)}].$

3. Dates (8",).

4. Personnel (8",).

Projet : Service de la Construction du Bodensee-Toggenburgbahn.

Direction des Travaux : M. R. Weber, Ingénieur en Chef.

M. Hünerwadel, Ingénieur.

Exécution en régie.

SOURCES:

- S_i. Dessins (S'_i) et renseignements (S''_i) gracieusement communiqués, en septembre et novembre 1912, par M. Acatos, Ingénieur en chef du Bodensoc-Toggenburgbahn, à Saint-Gall.
- S_a. Bodensee-Toggenburg-Zürichsee, Denkschrift über die Eisenbahn-Verbindung Romanshorn-St. Gallen-Wattwill-Uznach, p. 95, Pl. 11: « *Der Thurviadukt bei Lichtensteig* ». Zollikofer et C*, Snint-Gall, 1911.
 - S_i. Ce que j'ni vu juillet 1912.

PONT SUR LA THUR, A KRUMMENAU (SUISSE, ~ Saint-Gall)

Ligne d'Ebnat à Nesslau

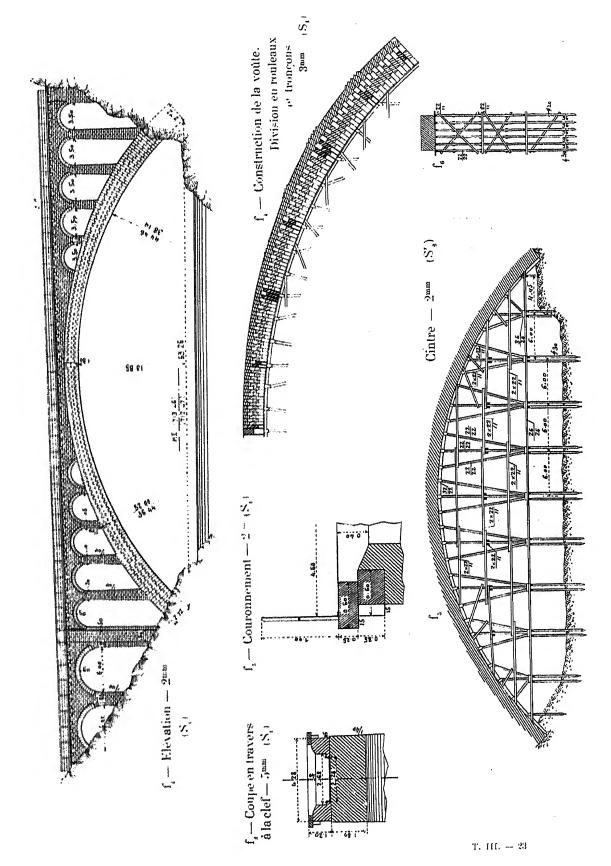
1910-1911

A Fr (>40m)25



1. Efforts dans la voûte, en $kg/\overline{0^m01^2}$ (S_i), calculés sans tenir compte de la résistance à la tension.

Distance horizontale					D.c. Tr		Ebna) RD)	•	(ė Ness 8 hau		11)
du milieu du	joint à la cl	'e/'	• • • • • • •	· · · · · · · · · ·	Retombée 32%5	28 "	/8°	!/m	(lef ()	900	180	28m	Retumbée 32%5
Sous le poids propr	e { Extrad	los .	• • • • •		15^{μ}	8^{L}	144	204	18r	11))	1)))
Sous la surcharge	ັ∤ Intrado :	os	• • • • •	• • • • • •	20	31	26	22	25))	n	»	n
1° sans tenir compte	Extrados	{		MAX	30	14	20	29	26	34	23	10	22
des variations		(-	min	7	5	8	12	15	17	9	:3	0
de température	Intrados	Ş		MAX	31	33	33	32	31	27	31	35	39
\		(min	8	23	17	15	20	9	15	27	17
2º pour une variation	Extrados	Ş	Effort	MAX	36))))	11	30	36	,,))	,,
de température		(min))))	7))	11	"	n	11	11
de ± 150	Intrados	Ş		MAX	"))	34	n	36	n))	37	46
\		(min	2))	»))	15	7))	,,	"



voûtes inarticulées — série $\widehat{\mathbf{A}}^1$ Fr $(\geqslant 40^{\mathrm{m}})$ — monographies

2. Cintre (S'.). — A. – Efforts. — Les montants et contrefiches travaillaient au plus à $18^k6/\overline{0^m\,O1^2}$, les vaux à 60^k , le platelage à 87^k .

Les pieux, de 28°m, battus au refus de 7mm, avec un mouton de 480°k tombant de 4m, portaient 13 tonnes.

B. - Surhaussement de 130^{mm} . — On l'a calculé par la formule : $4^{mm} + 2^{mm} 5$ [2 a (portée en mêtres) - b (montée en mêtres)].

C. - Prix de revient.

1º Palées ¹. Fournitures Pieux: 49 ^{me} 3 à 33' = 1626'90. Main-d'œuvre Outils et frais généraux (9°/₀) Brise-lame pour protéger les palées.	3.444°60 3.054°25 557°90 2.125°	8.881175
2º Cintre proprenent dit. Fournitures: 10.670° Bois équarri: 194me à 55°. 10.670° Planches: 23me à 50°. 2.969° Fers. 2.969° Divers. 350°	15.139	
Main-d'œuvre: Façon des bois 2	4.085*10	
Outils et frais généraux 9 º/o		21.601/25
Prix total du cintre A déduire, valeur du matériel conservé		30.490° 4.990°
Prix net du cintre (sans benefice de l'Entrepreneur)		25.500
soit par mc. de maçonnerie de voûte 3	32 ° 70 37 °	
D Salaires. — Prix de l'heure (S", Maître-charpentier. Charpentier. Maçon. Minour		11 0163 0150

^{1. —} Longueurs moyennes : d'un pieu, 5"73 ; de siche, 1"51. — Le mêtre courant de pieu a coûté, y compris les sebots, 9'45.

^{2. —} La main-d'œuvre a coûté, par m. c. de bois équarri : façon des bois, 650 ; transport et montage,

^{3. —} Par m. c. de maçonnerie de voûte (780 me), on a employé $0^{me}365$ de bois; - par m. c. de bois (285 me), 28 * de fer, 40, 8 heures de travail.

3. Exécution de la voûte. — Comme au pont de Montanges 4, les voussoirs se découpent, non seulement d'une assise à l'autre, mais dans la même assise (S'''₁).

Le mortier n'a pas été muté, mais sculement fiché (S_i).

4. Dates.

Commencement des travaux	
Grande voute	
Décintrement	8 septembre 1911
Ouverture à l'exploitation	1er octobre 1912

5. Tassement des fermes de rive, en mm (S_i).

		Côté Ebnat (RD)			(RD)	Côté Nesslau (RG)					
Distance horisontale à la clef		22m 40		11m 60		Clef		12m 20		22m 20	
Dates (19	11)	am	1181	am	(17)	am	av!	am	au	am	av
1er rouleau	27 mai	-4	0.5	4	3	0.5	0.5	ß	7	3	0.5
1er roulenu	6 juin	7	10.5	5	4	ß	0.5	3.5	3	2	LO
	[16 juin	12.5	14	11	10.5	8.5	Ω	8	7.5	7.5	14.5
2* et 3* rouleaux	√ 23 juin	13			11.5		O	7	7	8	15
2" of 3" routeaux	(11 juillet	20	34.5	24.5	26	18	18	24	25	26	37.5
	i 19 juillet	33.5	35	27	27	20.5	20.5	28	28.5	28	37.5
4º raulenu	ler noût	30.5	33.5	27.5	27	24	24	28	28.5	28	36.5
4º roulenu	14 noù1	32.5	35.5	33	28.5	20.5	24	33	32	29.5	39.5

6. Tassement des bandeaux, en mm (S₄).

	Côté Ebnat (RD)				Côté Nesslau (RG)					
Distance horizontale a la clef	55u	40	40 12m 80		etef'		11m 80		22m	20
Dates des observations (1911)	am'	11811	am	avi	amt	anı	ami	av	ant	avi
1st noût (par rapport au 19 juillet) 14 noût		1.5	2	l	4.5	4.5	2	2	0	0
		2	5.5	1.5	2.5	0	5	3.5	1.5	3
		1	2	2	4.5	2	2	2	1	1
19 Septembre	9.5	6	9.5	17	11	11	12	14	8	8.5
for décembre		2	ß	2	11	13	13.5	13.5	10	1.5

1. .. At pie (.. 40°) 11, . Tome III.

7. Personnel.

Ingénieurs.

Projet: Service de la Construction du Bodensee-Toggenburghalm.

Direction des Travaux : M. R. Weber, Ingénieur en chef.

Entrepreneurs : MM . Aebli, Stambach et \mathbf{C}^{le} .

SOURCES:

- $S_i.$ Dessins d'exécution gracieusement communiqués par M. Acatos, Ingénieur en chef du Bodensee-Toggenburghahn, à Saint-Gall.
- $S_{\underline{z}}.$ Documents qu'ont bien voulu me communiquer, à Krummenau, MM. Aebli et Stambach :
 - S_{a}^{\prime} . \simeq Dessins et photographie du cintre. $S_{a}^{\prime\prime}$ Etat des dépenses du cintre.
 - S'''₂. Photographie de la voute en construction.
 - S_a . Ce que j'ai vu juillet 1912.
- S_v Schweizerische Bauzeitung, 1913 : 1ºº février, p. 53 å 57 ; 8 février, p. 69 å 73, « Die Bahnlinie Ebnat-Nesslau », von Ingenieur A. Acatos, Oberingenieur-Stellvertreter der B.T.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ 1

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

Série Ân rte (≥40m)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

	PROJET							
PONT	ENSEMBLE		***************************************	10				
Date	Longueur entre abouts des parapets	Largeurs (entre parapets	intrados (Portée	ÉPAISSEURS GORPS TÊTE		MATÉRIAUX Mortier	on ra 0m01,	EVIDEMENTS DES TYMPANS
Symbole En quoi consiste l'ouvrage	Déclivités Hauteur maxima dela chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	l'ruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	Montée Surhaissement Rayon	Clef	Clef Retom- lices	Poids, pour 1m de sable, de chaux ou de ciment	Hypothèse adoptée Surcharges supposees	2º DÉCORATION DES TÉTES
Vieux Château Vérone Italie 1354–1356 \$\hat{A}^n r^{te} (\geq 40^m)^1\$	5	Clef Imposte (5, 95 6, 50 (6, 80 7, 35	Are de cercle $igg(rac{48}{48}, 70 igg) igg(rac{12^m}{4,024} = 0.248 igg)$		1 mg() 1 mg() 1 mg() (Rt) 2mg() en quelques points, RD.	Bandeaux : PT 1 irrégulière Calcaire Douelle : Br 4 Quelques chaines de PT 1	ĸ	9
3 voûtes en arc : 1 de 48m70 à 1/4,024 (RD) : 1 de 28m54 à 1/5,384 ; 1 de 24m à 1/4,403 (RG).	15 ^m		30m 55					
Seythenex France	125#43	(3, 80 (2, 80	Arc de cercle Voûte rive droite 41, 19 10 ^m 05	0,"90	O,"90	PT 1 2 rangées de voussoirs Pierre de Seythenex	Hataubees 23k	sur plate-form on bôton armo portée par des colonne
1908–1911 Ā ⁿ r ^{te} (≥ 40 ^m) ²	0	Pas de fruit	\begin{pmatrix} \\ \frac{1}{4,098} & 0.243 \\ \gamma 6 & 13 \\ \text{Voite} \end{pmatrix}	1 1" 10	1" 10	(13008 ic 10008) Ciment Vicat nº 1 6008	Mëry Sureborge	en hétou armé contreventée en long et en traver à 4#50 sous la chaussée.
2 voites en arc de cercle de 41m19 et 39m665; sur chaque rice, une voite en plein cintre de 11m.	56tm	()m(5()	26m 13				thir tour	lhesage du beton armê t'iment : 300' Sable 400' Gravier 800'

^{13 -} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6.

SÉRIE $\widehat{\mathbf{A}}^n \, r^{(e)} > 40^m)$

TABLEAU SYNOPTIQUE

ſ.			CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER						
	FONDATIONS	and the same of the same of	- Committee of the comm		$\mathbf{Q}_{\underline{}}$				
	Vature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg (00012 Procédé	Type Matière Appareils de	CINTRI (MES Nombre Épaisseur Ecartement d'ave en ave Surhaussement 12	Cube de Poids d Dépen	o for	MODE DE CONSTRUCTION 15	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont Temps entre le dernier clarage et le décintrement Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre to au décin-t' trement après t''	DEPENSE D Totaux et de surface utile Sp 3 de volume « utile » W 4 18
	Culée rive gauche Terre compacte et pierrailles Pression maxima: 28 Mussif de béton, arm (2 lits, croises de fers ronds Pile, Culée rive droite: Rocher	Grands arbaletriers Voite rive gauch Fixe Montants et	Control 27 Control 27 Control 20	Pour les 2 170m 3000k 17248! 6	cintres : () ^{ma} 63	2 rouleaux, chacun en 7 trongons Joints sees au-dessus des points fixe du cintre.	15 jours	A chaque voûte: t _c 20mm t' _v ()	$\begin{array}{c} Q = 2020^{mc} \\ Q : S_p = 4^{mc}23 \\ Q : W' = 0^{mc}20 \\ Q : W' = 0^{mc}20^{-5} \\ \end{array}$ $\begin{array}{c} D = 136343^{f} \\ D : S_p = 286^{f}1 \\ D : W' = 13^{f}6 \\ D : W' = 19^{f}8 \\ D : Q = 67^{f}5^{-5} \end{array}$

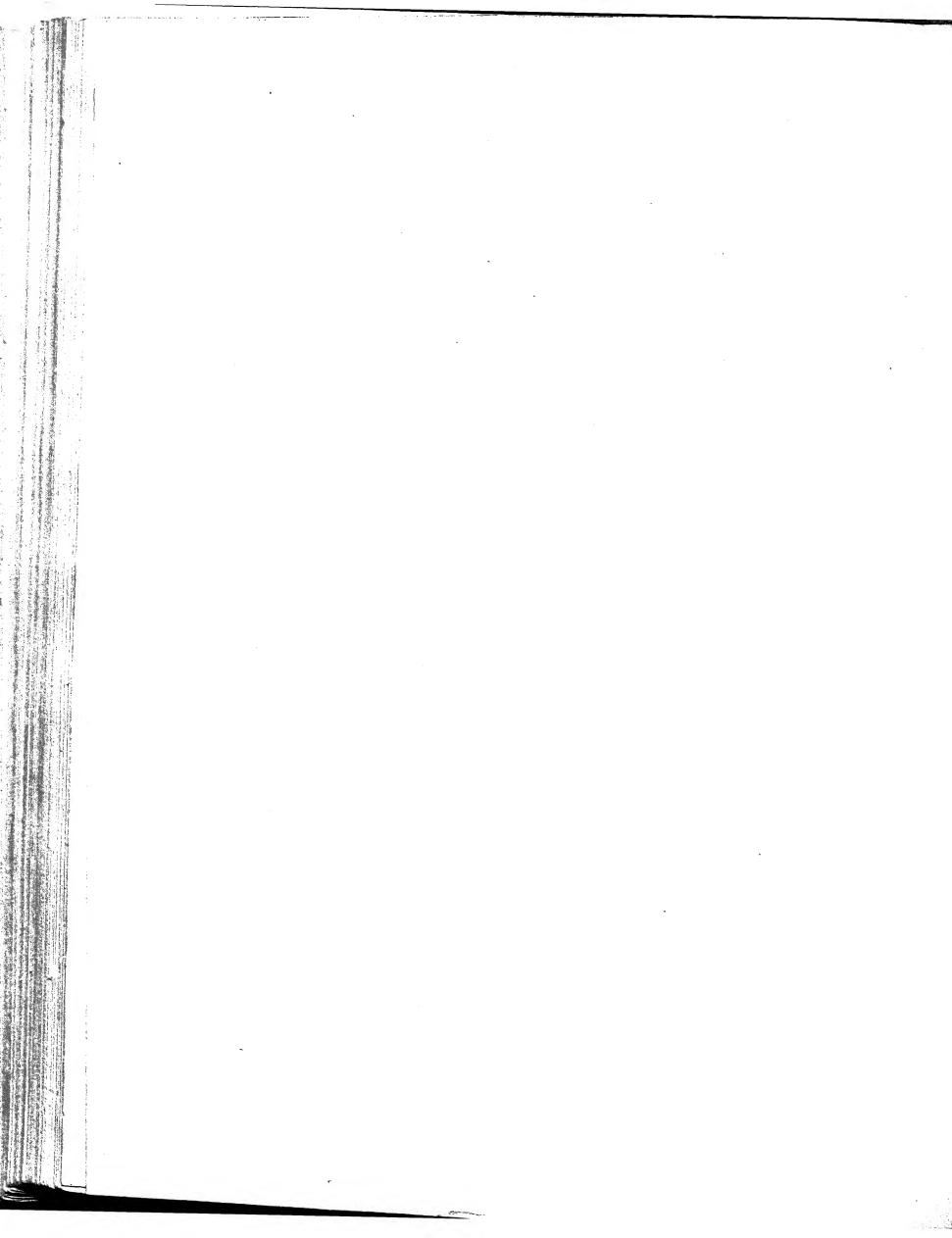
^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 + A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) + C'est la surface offerte à la circulation.

4. W Surface vue de l'élévation > Largeur entre parapets.

5. W' Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 + B.

Comprendit comprendit aussi les cintres des voîtes d'accès.



VOÚTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

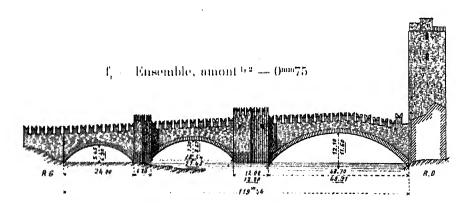
SÉRIE An rte (>40m)

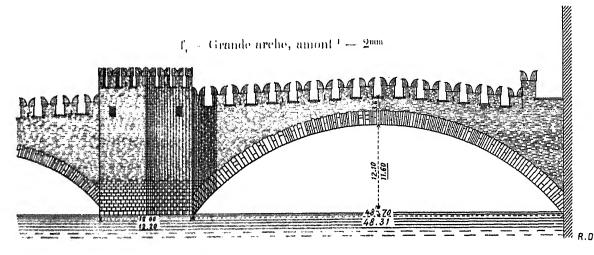
MONOGRAPHIES

PONT DU VIEUX-CHÂTEAU (CASTELVECCHIO) SUR L'ADIGE A VÉRONE (ITALIE)

1354-1356

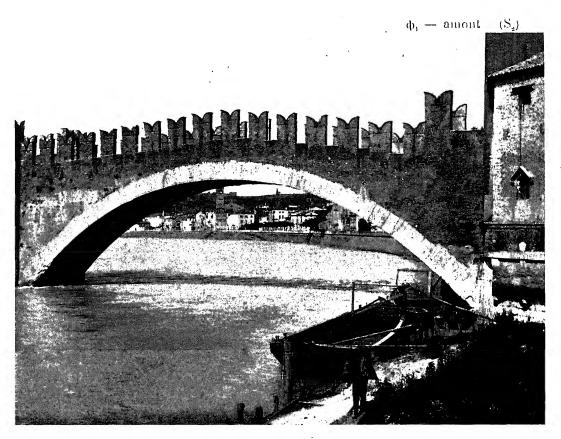
 $\widehat{\mathbf{A}}^{\mathbf{n}} \, \mathbf{r}^{(\mathbf{e})} > \mathbf{r}^{(\mathbf{m})} \mathbf{1}$



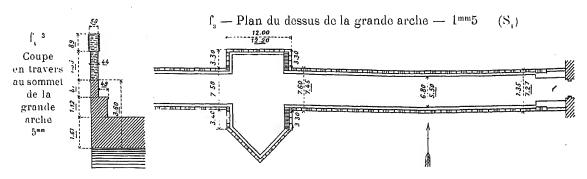


Ces deux figures, reduites de S₁, Pl. XVIII, ont été rectifiées d'après mes photographies.
 Les dimensions en out été relevées par M. Biadego (S₁). On a souligné celles mesurées par M. l'Inspecteur Genéral de Dartein, qui a bien voulu me communiquer ses minutes.

2 — Gauthey donne un dessin fort inexact du pont avec une grande arche en anse de panier de 38°73, 2 arches en plein cintre de 45°27 et 11°, (Construction des Ponts, tome I, p. 26, Pl. I, fig. 20, — Paris, 1869, 11 a été reproduit par Groizette-Desnoyers, (Construction des Ponts, Pl. IV, fig. 5).



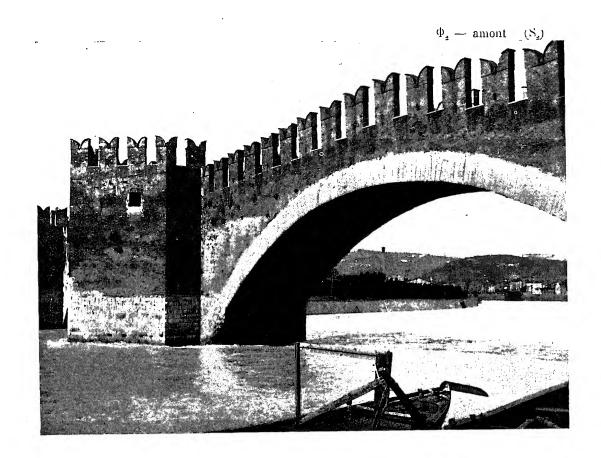
1. Grande arche. Courbe en plan. — La grande arche est en chevron courbe contre le courant.



La largeur est (S _i):	entre têtes	entre parapets	
au droit de l'imposte	7m35 Gm80	ნო50 5ო95 -	

3. - Relevé de M. de Dartein.

A-t-on voulu continuer la courbe du chemin d'accès? Le cintre s'est-il déformé? La voûte a-t-elle été mal exécutée?



2. Matériaux. — A. Pile (S₁). — La base, jusqu'à 4^m environ au-dessus des eaux ordinaires, est revêtue d'assises horizontales de marbre blanc et rouge, de 0^m56 de hauteur, en morceaux de 1^m50 à 2^m et jusqu'à 2^m75 de longueur, quelques-uns empruntés à des monuments romains détruits.

Au-dessus, tout est en briques.

B. Bandeaux. — Les bandeaux ont des creux, des bosses, des surplombs.

Les voussoirs en pierre de taille calcaire, en général sans saillie sur les tympans ni sur la douelle, sont fort irréguliers d'épaisseur, de hauteur et d'extrados. Ils ne sont pas ravalés. Quelques-uns ont leur face oblique sur la tête. Aux reins, à l'amont, quelques-uns sont cassés.

C. Douelle. — La douelle, en briques dont beaucoup sont creusées, est traversée, d'une tête à l'autre, d'assises de pierre de taille calcaire.

- D. Dimensions des briques (S_i). $22^{cm} \times 13^{cm} 5 \times 6^{cm} 5$ $27^{\rm cm} \times 13^{\rm cm} 5 \times 5^{\rm cm} 5$.
- 3. Dates (S_i) . Le pont a été commencé en 1354 par Can Grande II della Scala, podestat de Vérone, en même temps que le Vieux-Château auquel il sert d'accès du côté du fleuve. La construction n'aurait ducé que 3 ans (1354-1356) !. François I^{er} d'Autriche le fit réparer en 1824.
- 4. Ingénieurs (S_i). Peut-être Jean de Ferrare et Jacques de Gozzo, qui auraient, 20 ans après, construit le pont « delle Nari » à Vérone ».

4. — De 1345 à 1377, on a construit en Italie 5 grands ponts :

1345 (date donnée par Ferroni). — Pont Vieux « Ponte Vecchio » dit aussi Pont des Orfévres, sur l'Arno, à Florence, du à Taddeo Gaddi. — Arc du milieu : 29°189, et 1°476 de fleche.
« De la réritable courbe des Arches du Pont de la Trinité, à Florence ». — Mémoire géométrique et historique de Pierre Ferroni. — Inséré dans le tome XIV de la Société italienne des Sciences (1808).

1351-1356. — Pont couvert, sur le Tessin, à Pavie. — 6 arches ; les 3 plus grandes en arc. 2 petites

en plein cintre, - une intermédiaire qui paraît en plein cintre (S₄).

D'après une inscription sur la première pile rive gauche, rapportée par Malibran, on a commence

en 1351 à le réparer ou à le refaire.

Morandière en donne (Pl. 61, fig. 1 à 5) des dessins d'après Malibran. — La plus grande arche, celle de rive droite, a, à l'échelle, environ 28".

J'ai contrôlé ces dessins par mes photographies.

Gauthey donne un dessin et une description fort détaillee d'un pont saugrenu, qui n'a rien de commun avec Pouvrage existant : 7 ogives égales, tympans evides en triangle, pile a coupe horizontale en forme de lentille (Construction des Ponts, tome 1, p. 22, Pl. 1, fly, 24, 24 bis, ... Paris 1869).

1354–1356. – Pont du Vieux-Château, sur l'Adige, à Verone. – 3 ares – $\widehat{\mathbf{A}}^{\mathbf{n}}$ pte $\{-30\%\}^{1}$

1373-1375. — Autre Pont sur l'Adige, à Vérone, dit « delle Nari », ruiné plusieurs tors par des crues. — 4 arcs de 16m80, 24m50, 15m35 et 22m40 (S₁), construit sons Can III della Scala (on Can Signorio). frère de Can II.

1370-1377. — Pont de Trezzo, sur l'Adda, ruiné en 1416. — Arc de 72m — $\widehat{\mathbf{A}}^4$ rie $_4$ – $_{\{0^m\}^4}$ 5. — Ils sont désignés comme Ingénieurs du Pont de Pavie par Torello Saraina dans son » Histoire de Vérone », 1649. — (Malibran : Mission d'Italie).

SOURCES:

S, — G. B. Biadego; « Del Ponte nuovo sull' Adige a Verona », Vérone, Turín, 1885. Memoria IV, p. 251, Pl. XVIII. — Cette planche indique le pont tel qu'il a éte dessine, à la fin du XVIII^e siècle, par l'Ingénieur Bertolini, Professeur au Collège militaire.

S_c. — Ge que j'ai vu, — juin 1908.

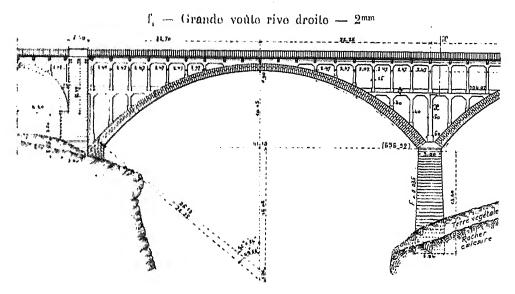
PONT SUR LE RUISSEAU DE TAMIÉ, PRÈS DE SEYTHENEX (1110-SAVOIE) Chemin vivinal ordinaire

1908–1911 $\mathbf{\hat{A}}^{n} r^{te} (> 40^{m})^{2}$

Flan des vontes nue pun f. — Plan par-dessus — pun f. — p

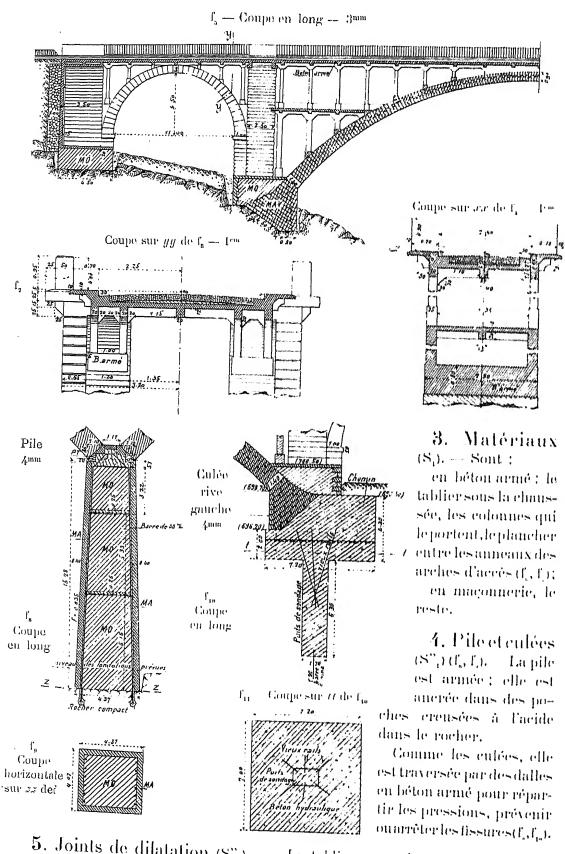
1. Pourquoi deux grandes arches? — L'arche de 39m665, rive gauche, ne paraît pas imposée.

Peut-être aurait-on facilement ajusté aux lieux une grande voûte rampante au-dessus du creux, et un viaduc d'accès sur le glacis de rive gauche.

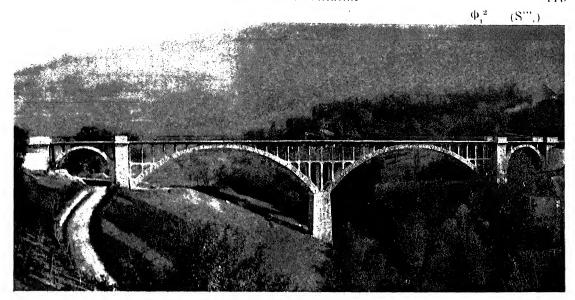


- 2. Arches d'accès en deux anneaux. On a élargi à bon compte les entrées du pont, en plaçant un plancher en béton armé sur deux anneaux de voûte (f_i, f_i) .
 - 1. A V de Faverges (station de la ligne d'Annecy à Albertville).





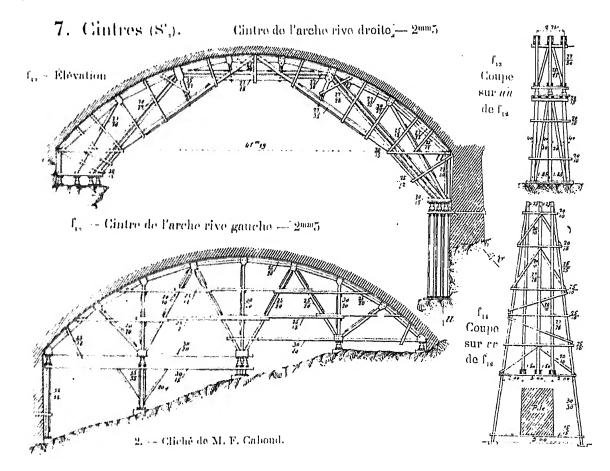
5. Joints de dilatation (8",). — Le tablier sous chaussée est coupé à $4^{\rm m}70$ de chaque côté des clefs et à l'aplomb des naissances.



6. Fondation de la culée rive gauche $(f_n,\,f_n)_*$ — Un sondage de 13^m50 n'a pas atteint le rocher.

On a fondé sur un massif de béton de $8^m \times 7^m30 \times 3^m50$, armé dans les deux sens, de 54 harres de 25^{mm} .

On a rempli le puits de sondage de béton, qu'on a relié au massif de fondation par 6 vieux rails.



8. Décintrement (S"₁). — En matant les joints secs, on a exhaussé et décintré les voûtes. Aussi, pas de tassement au décintrement.

9. Dates (S" ₁).	
Commencement des travaux	septembre 1908
Fondations	octobre-novembre 1909)
Grandes vontes (construites en même temps)	- 2 avril 1910 - 15 novembre 1910
Décintrement	30 novembre 1914
Ouverture à la circulation	12 mars 1912

	1		Prix	- comments
40. Quantités et Dépenses (8%).	Quantités	á Punite	tolaux raban de z · .	and the contract of
1º Travaux à l'Entreprise.	- (a) a) a Philosophia (a		dedust	
Fouilles	1032***75	1/2045/10	2565193	a separate
Béton de fondation	245~42	50,	4810,53	and the same
Billion of the state of the self-to-sign grouples Boton	21558	50°	1057/32	-
Dalles armées, dans la pile et la culée rive gauche Acier	3291 ° 38	050	1612'78	and the same
Cintres (forfait)	"	n	17248'00	- Participation
Pierres sèches	313***44	6'60 -	2027(33	TOP LAND.
ordinaires	779***()1	1440	10763436	of cales
Moellons dquarris	37***37	23/10	845/08	- Company
Maçonnerie d'appareil	270***09	53,10	6114/30	and a second
à mortier Pierre de taille de Seythenex	4±0°°55	70"	288 (1)*711	-
/ Horre do tamo / de Ruoms (dés des garde-corps)	2968	1(X)r	311084017	· walker
/ de Ruoms (dés des garde-corps) (équarris	158***34	165	250103	45.00
Parements vus / Moenons / d'apparoil	816=462	\$40	3521127	- California
de maçonnerio / Pierre de taille / de Seythenex	1219***85	7'(X)	71 '8068	death.
de Ruoms	126***84	850	1050/58	A profes
Indemnités allouées			7997(00)	
Plate-forme et piliers en béton armé (216 m), garde-corps en fer,	chaussée (farfait)	BCHHO!(H)	i
Total des travaux à	PEntrep	rise	130003176	
2º Travaux en régie, indemnités de terrains, dive	•	3	633957	†
Prix de revient total,			136343533	- Street of the

44. Personnel (S",).

Projet: M. Schændærffer, Ingénieur en chef; — M. Pernoud, Agent-Veyer Principal.

Direction des travaux : M. Schændærffer, puis M. Reuss, Ingénieurs en chef; — M. Pernoud; — M. Millet, Ingénieur ordinaire.

Entrepreneurs { Maçonnerie et Cintres : M. Mereier ; Béton armé : MM. Mazet et Limousin.

SOURCES:

 S_i . — Dessins d'exécution (S_i) , renseignements (S_i) et photographie (S_i) gracieusement communiqués par MM. Schændærffer et Reuss.

 S_{a} . — Dessins du cintre (S'_{a}) et renseignements (S''_{a}) qu'a bien vouln m'adresser M. Pernoud.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ 1

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série $\widehat{\widehat{\mathbf{A}}}^{\mathbf{n}} F^{\mathbf{r}} (\gg 40^{\mathbf{m}})$

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER

				PROJ	ET		* I to a state of the state of
PONT	ENSEMBLE		(GRANDI	ES VOÛTES		10
Date	Longueur Largeurs	INTRADOS	ÉPAISSEURS		MATÉRIAUX		ÉVIDEMEN
Symbole En quoi consiste l'ouvrage	entre abouts des parapets Dèclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage 2 entre parapets entre tympans sons la plinthe Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados		CORPS CORPS Retambées	TÉTES Clef Retombées 6	Mortier Poids, pour twe de sable, de chaux ou de ciment	en kg (m()* Hypothèse adoptée Surchirges supposees *	TYMPAN 20 DESTREE 9
de Canale Autriche 1904–1906 Ân Fr (≥ 40m)1 I voites en are: 3 de 40m à 1/5; 1 de 30m à 1/3,7.	$\begin{array}{c c} 242^{m}50 \\ \hline \\ 5^{m}16 \\ \hline \\ voicen courbe \\ 5^{m}10 \\ \hline \\ Fruit: 1/20 \\ \hline \end{array}$	Are do cercle $(40)^{\text{m}}(0)$ $(8)^{m} = 00$ $(\frac{1}{5} = 0.20)$		\\ 1,"40\\ 2 ^m 10	L. Calenire Bandeaux : bossages Douelle : taille plate Ciment 590:	Pression maxima : 358	Au-dessu de chaque p eu rivière 7 voûtes transversal vues, de 2°50, sur piles de 1°20.
4 voutes d'accès en plein cintre : ? de 6m (vive droite) ; ? de 8m (vive gauche).	21 m 1 m25	29m ()()				2700)k (m²	20
							non-promingual management and the second sec

 $[\]tau$ — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, page II, nº 6.

A VOIE NORMALE

SÉRIE Ân Fr (≥40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

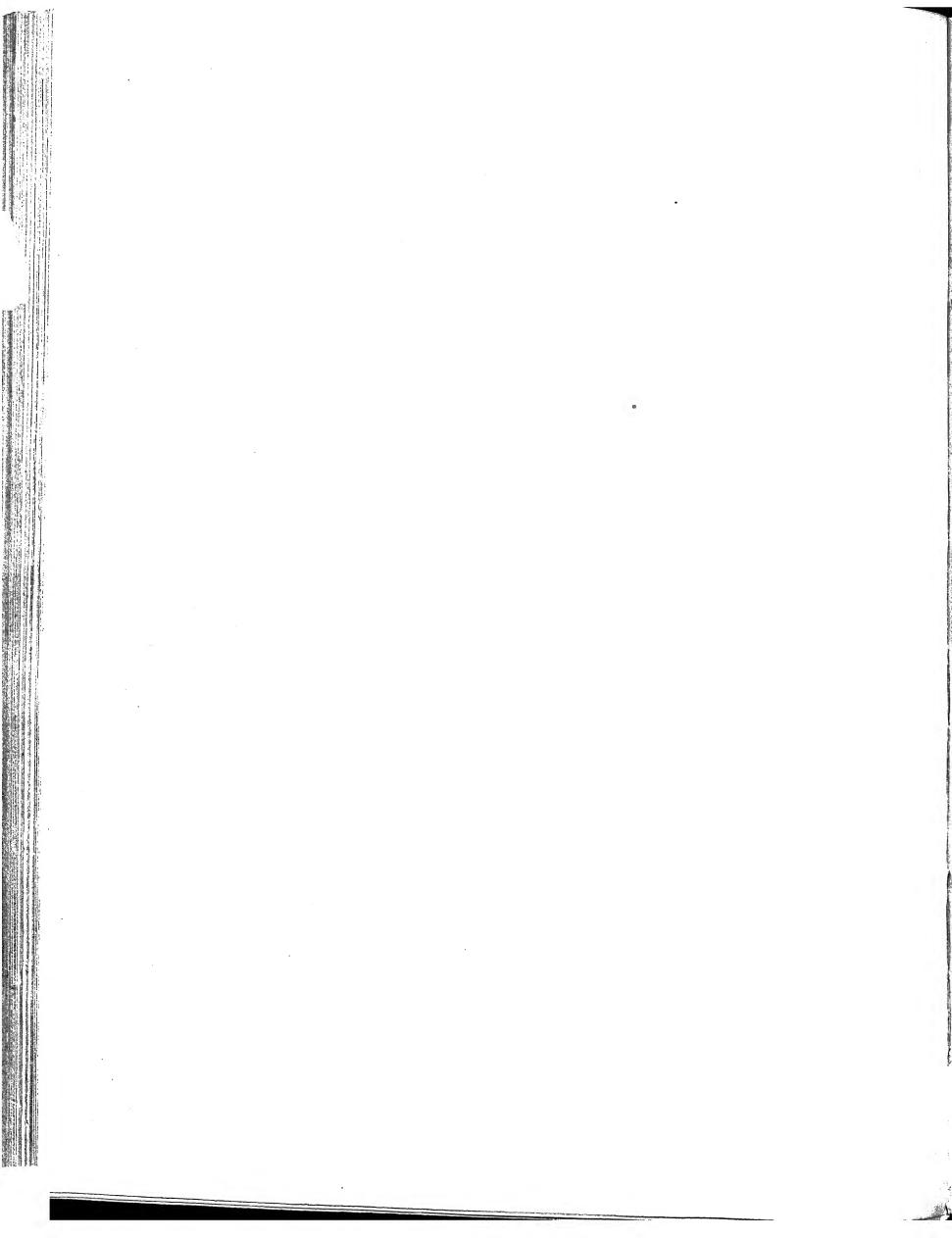
					to the contraction		I A DL.	EAU SYNOPTIQUE
		2000	EXÉC	UTION				CUBE DE MAÇONNERIE
FONDATIONS		A MORTIER						
Nature du sol	CINTRES						TASSEMENTS	<u> </u>
Profondeur sous l'éliage	FERN	HES	Cube d		MODE	DÉCINTREMENT	DE LA CLEF	DÉPENSE D
Pressions	Type	Nombre	Poids (Dépe		DE	Etat d'avancement du pont	sur t	<u>D</u>
sur le sol	Mouthing	Épaisseur Ecurtoment d'axe en axe		par mg	CONSTRUCTION	Temps entre le dernier clarage et le décintrement	au décin- t',	Totaux et
Provide	décintrement Si	ichaussement	Totaux	de douelle		et le décintrement Date	après t ''	par unité de surface utile Sp3 de volume « utile » W4
10	11 1	19 1	13	11 1	15	10	17 Voitle	18
Rocher	· ·	Voilte ven	trale				centrale:	Q ~ 9200 ^{mc}
calvaire	Retrousse	5	[20°°	()me;}()	2 rouleaux		t _c = 4() ^{min}	$Q: S_p = 7^{me}43$ $Q: W = 0^{me}53$
n		,		•			c - P(/	Fon- Élé- En-
11		/ " m 28	5 (00r	7 ⁴ ()			t , ()	dations vation semble
 Epuisements.	ut	100.	114444	0150			T _v ()	D 97650' 487200' 584850'
Dans les			18900°	; 61f9 :				$D: S_{p} = 78.41 389.3 467.4$
batardeaux, béton et avyilv	Coins	1 Stram						D: W 5'7 28'3 34'0 D: Q » » 63'6
) 		1		-				D: Q » » 63'6
		1						
	Augustina was a san a san a san a san a san a san a san a san a san a san a san a san a san a san a san a san a							·
i								
i i								
•								
;		*						
				1				
:		9						
		1						
1		all or the sales of the sales o				<u> </u> 		
! !		100 PM						
		1						
		egica questigi						
		de manurage					\ [
	A Company of the State of the S							
		F						
	1	1 0 - 1						
	-	***				1 1-5		
		and the second s						
	1	, Colored		1			1	

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.

4. W — Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — B.



VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

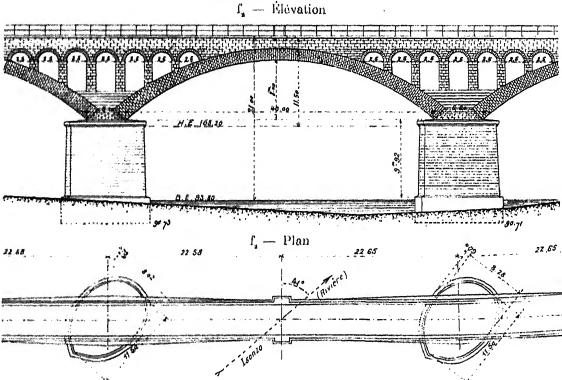
SÉRIE $\widehat{\mathbf{A}}^n$ $\mathcal{X}^r (\gg 40^m)$

MONOGRAPHIES

PONT SUR L'ISONZO, PRÈS DE CANALE (AUTRICHE, - Küstenland) Ligne d'Assling (Carinthie) à Trieste, par Goritz - Wocheinerbahn

1904–1906 $\widehat{\mathbf{A}}^{\mathbf{n}} \ \mathbb{P}^r (> 40^m)^{1}$ $f_i = \text{Ensemble, amont} = 0^{mm} 5$ Gorda

Arche en rivière — 2^{mm} f. — Élévation



1. Piles biaises. — Le pont est droit sur piles à section ovale (f_i) orientée suivant le courant des crues, là, très violentes (S_i).

1. - all'environ en amont de la station de Canale.

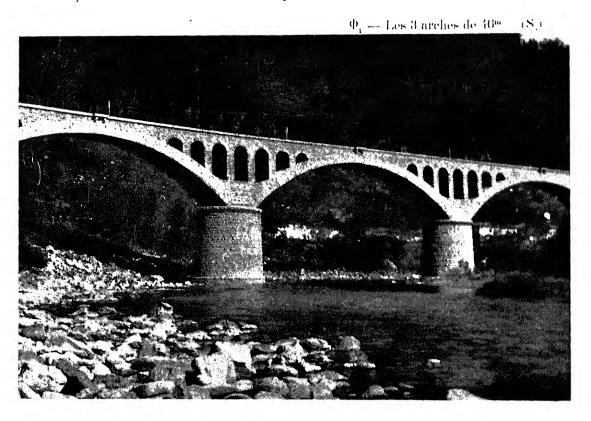
2. — en allemand : Görz.

2. Aspect (S₃). — Ces grosses tours qui engoncent les retombées, on les accepte, à la réflexion, sans trop de difficulté.

On voit trop de tympan au-dessus des clefs.

Les refuges ne paraissent pas à leur place aux clefs des voûtes de 10^m.

Les pilastres de la voûte de 30^m ne portent rien.



3. Matériaux (S₂). — L'ouvrage est, comme il convient, simplement traité.

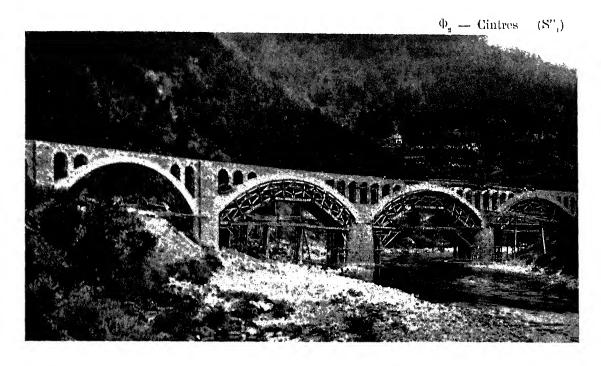
Les tympans et les pilastres sont en moellons grossièrement équarris à assises horizontales inégales.

Les piles sont parementées en gros libages.

4. Exécution des grandes voûtes. — Après clavage du premier rouleau, on exécuta le deuxième en partant des retombées et de la clef. « Cette « méthode se montra excellente » (S'₁).

5. Dates (S,').

Commencement des travaux	mars 1904
Fondations	inillet Sentender 1913
Voite centrale	Il mai 5 inin 1905
Décintrement	9 août 1905
Ouverture à la circulation	juillet trux;



6. Personnel (S).

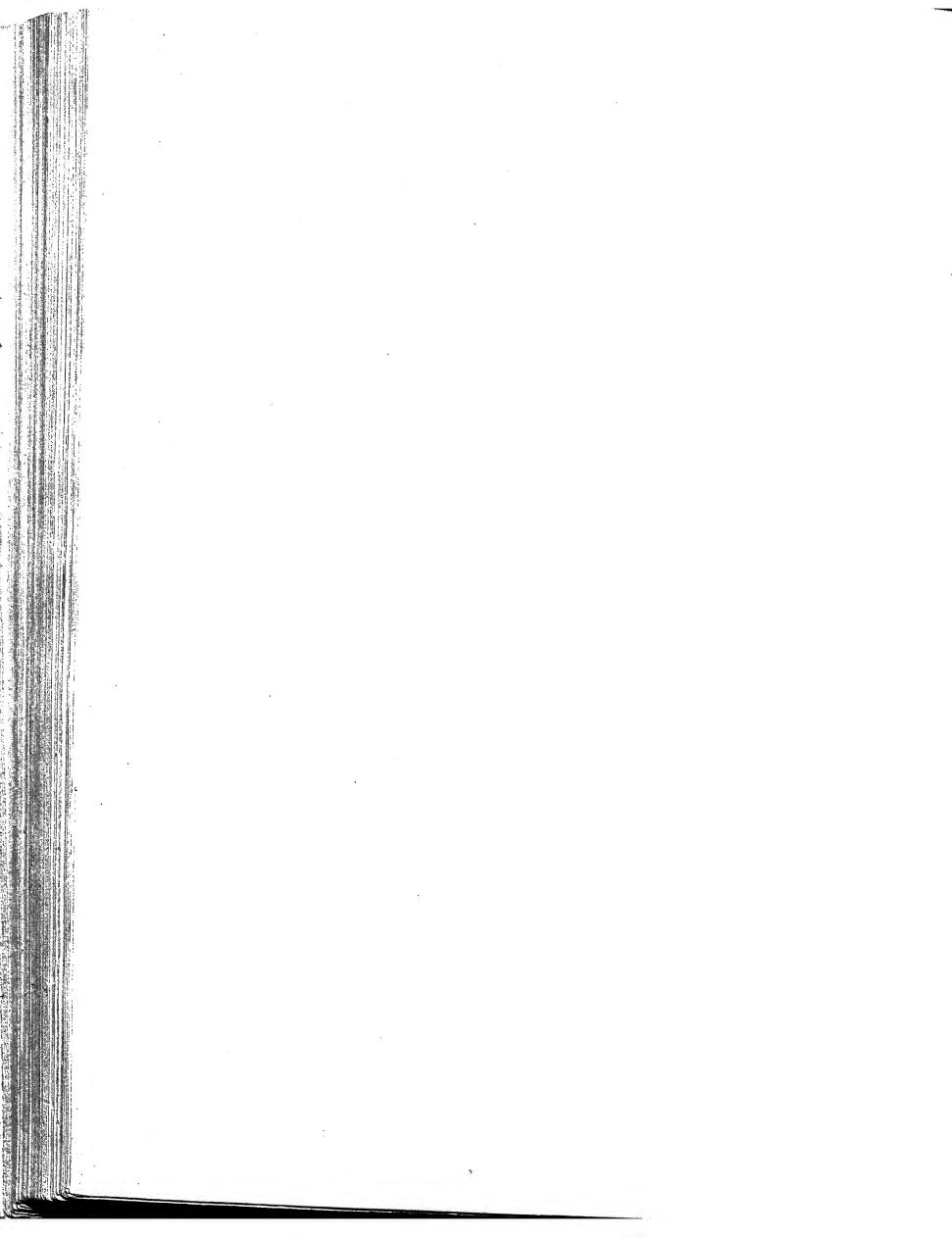
 $Projet\ et\ Direction\ des\ Travaux$: M. l'Ingénieur Pabo Yelíc « Baukom-missär »,

Entrepreneurs: MM. Sard, Lenassi et Co.

SOURCES:

- S_i . « Renseignements (S_i^i) et photographies (S_i^{ij}) gracieusement donnés par le Ministère des Chemins de fer à Vienne.
- S_{τ} . Geschichte der Eisenbahnen des æsterreich-ungarischen Monarchie, VI Band, 1898-1908, 11 Band, « Der Brückenbau der neuen Alpenbahnen, A. Steinbrücken, » Josef Zuffer, p. 74 u 87.
 - S_c. Ce que j'ai vu octobre 1908.
- S_s Le Genie Civil, 2 mai 1908 : « Les nouvelles lignes de chemins de fer dans les Alpes » autrichiennes », F. Hofer, p. 1 à 6, Pl. 1.

Les dessurs sont réduits de $\mathbf{S}_{\mathbf{r}}$

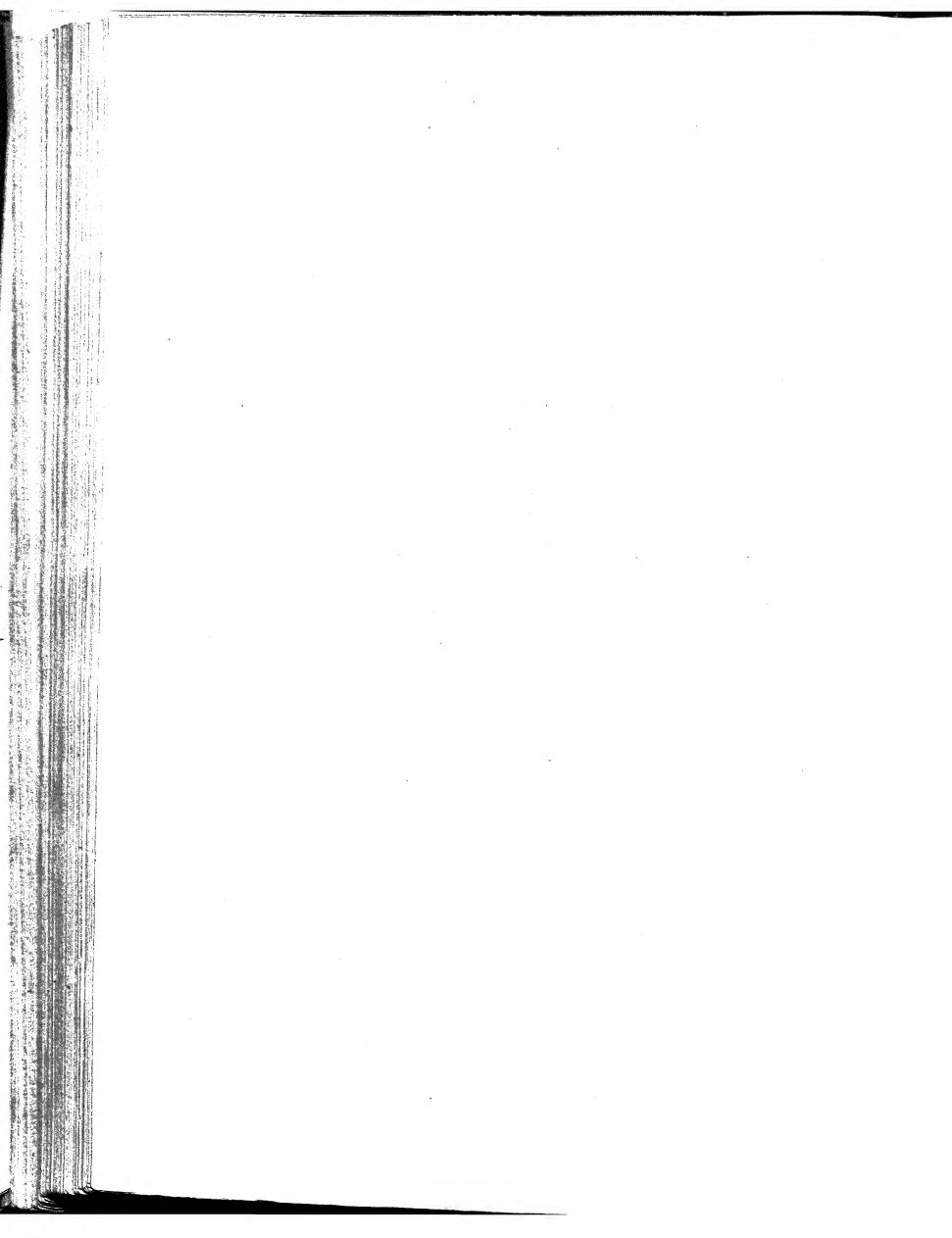


VOÛTES INARTICULÉES

EN

ARC TRÈS SURBAISSÉ





VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISSÉ 1

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

Série $\widehat{\overline{\mathbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1} r^{\scriptscriptstyle tc} (\geqslant 40^{m})$

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

					PROJE		and the second s	to an opposite the property of	
PONT	ENSEMBLE		GRANDE VOUTE						
PONT	Longueur	Largeurs (entre parapets	INTRADOS	ÉPAISS	EURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	ÉVIDEMEN	
Date	entre abouts des parapets Déclivités	entre tympans sous la plinthe	Portée Montée	CORPS	TÈTES	Mortier Poids,	en kg=0∞01² Hypothèse	DES TYMPAN	
Symbole	Hauteur maxima de la chaussée au-dessus	Fruit des tympans	Surbalssement	(Clef	Clef	pour twe de sable, de chaux ou de ciment	adoptée Surcharges	20 DÉCURATE	
~ J	du sol ou de l'étiage	de la chaussée sur l'extrados 3	Rayon 4	5	\ bees 6	7	enthosees	DES TETI 9	
Mosca	91"	(12 ^m 18	Are de cercle			PT	1	1"	
Turin) 12, 10,) »	(45 ,"00	\ 1,"50	1,"30	Granit	; •	1)	
Italie 1834	n	Pas de fruit	$\begin{cases} 5''' 50 \\ \frac{1}{8,182} = 0.122 \end{cases}$	2,50	"	Chaux grasse	•	20 Voussur ! en	
$\widehat{\mathbf{A}}^{\mathtt{1}} \; r^{\mathtt{1e}} (\geqslant 40^{\mathtt{m}})^{1}$	7m	»	48# 773			de Palazzolo — 150		corne de v	
de	43'''	(6 [™] 20	Au-dessus du sol, Arc de cercle	/ At massa	A may	Ausdessus du sol : D'[* 1	Prosini maxima	t° 3 voûte	
Teinach		\ 5m60	33, ()() 3 ^m 30	\{\begin{align*} 1\\ 1\\\ 1\\\ 1\\\ 1\\\ \\ 1\\\ \\ \\ \	\ 1, [™] 00 _{1,™00}	Phaisen to gloom w frame	Some le laction	genpleinei Getw	
Allemayne	2mm 2mm	Pas de fruit	$\left(\begin{array}{c} \frac{1}{10} - 0.10 \end{array}\right)$	A 22" 10' 17"	, , ,,,,	Grés à 3008 Ciment Portland	ile tembation . 114	de (m)	
1882			12m 927 Sur le sol			1000*	Mêry	Harres fil Tentre tyn	
$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \; r^{\scriptscriptstyle 10} \; (>40^{\scriptscriptstyle m})^2$	GmGO	»	de fondation, Portée : 46, 00			A la elef et aux retambées : tzaux	tons unit	r 299	
de	35#75	/ •)m()()	Aux retembées				Pressure)	
Huzenbach	00 70	$\begin{cases} 3, 80 \\ 3^m 00 \end{cases}$	35, 00	(0, 60	\ O ,"60	PT 1 grossière	tuaxima Ori We	l to Pas	
Allemayne	3()mm 3()mm	entre bandeaux	$\begin{cases} 4^{m} 70 \\ \frac{1}{7.44} = 0.134 \end{cases}$	0, 95) ()*** 88	Grés	Retomberes Tipe	d'eyiden	
1889		Pas de fruit	Sur le sol				Méry	2a	
$\mathbf{\hat{A}}^{\scriptscriptstyle 1} r^{\scriptscriptstyle 10} (\geqslant 40^{\scriptscriptstyle m})^3$	Gm50 étiage))	Portée : 41, 30						
de	»	(7, 00	Arc d'anse de panier	1 (1, 20	1,"20	Voute	Pressing à la clet	1°	
Wengern	1000	\\\\\\\5m 50	50, 00	13	[]	en petits moellons	#13p	longitud de 1* Mur ent	
Allemagne 1904	40mm 40mm	Pas de fruit	$\int_{0.10}^{5m} 50$	2,00	2"00	Aux têtes, crèpi simulant de grandes PT ;		de l¤ Thesa Thesa	
$\widehat{f A}^{\scriptscriptstyle 1} \; { m r}^{ m le} \; (\gg 40^m)^4$	7m	0 m 35	0,10			Ciment - 0m 333	!	्या विभेगा १७	

^{1. -} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III. p. II., nº 6.

SÉRIE A rte (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

				- Anger • -	9 49 m) and		IADLE	AU S	INOF	TAGOL	
		****	EXÉCU	JTION				CUBI	E DE MA		ERIE
FONDATIONS			GR.	ANDET	ΤΟ ÛΤΕ				A MOR	arek M	t
Nature du sol	**	CINTR	E						ν		÷
Profondeur	FER	RMES	Cubo do	a haig	MODE	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF		DEPE		! !
sous l'étinge		Nombre	Poids o	le fer	DE	État d'avancement	sur t		1)		;
Pressions sur le sol	Type Matière	Epaisseur	Déper	1808		du Pont Temps entre le			Tota	ux	:
en kg/0m012	Appareils de	Ecartement d'axe en axe	Totaux	par mq de douelle	CONSTRUCTION	dernier clavage etledecintrement	au décin- t,		et (de sur		S a
Procédě		Surhaussement		2		Dato	après t ,	parun		face utile ume « util	en W 4.
10	1 11 !	1g	13	l 11	15 A (Julius 1] 16	17	,	18		*
n	Retroussé	1 10			A pleine épaisseur	11	t' (après 5 jours) 153 ^{mm}	11	= 134	Q K K .	•1 :
	au milieu			1	Voussoirs posés à sec	Décintrement		17			<u> </u>
) 1		1 "			Lamos	commencé	t" (après 4 mois) sous charge		(Pont et	anorus)	1
"	.1	"			de plomb : nux reins,	20 jours après le clavage.	de 3000 T]	$O: S_p =$	1216°7	<i>ī</i> ,
,,,,		261mm			à l'intrados; au cervoau, à l'extrados;		y compris	I):W=	137°;	j .
Pilotis	Coins				ailleurs, coins en fer.	1)	l'enfoncement des culées				1
	Fixe										i
Grès	réemploye			[t	A pleine		t _e 10mm	 	Fon-	Élé-	En-
- 8m (RD)	en 1886.	1 5			épaissette	Voitte nue			dations	vation	semble
	de Marbach	25.11			l 3 joints sees		t, 43mm		222121	30850°	53062°
Pression	Art me				nux			} ~~	}		
maxima :	Tome IV) !	retombées	42 jours	t, après 24mm	1	1 1		199*()
RD 5k	Montants et				Voûte clavée		après 17mm	D:W	14"6	2013	3419
RG 5*5	contrellche				en mêmetemps à la clef		.1 . 4 ²¹ () I num				
Épuisements	Boiles				et aux	2)	$ \mathbf{t}_{v}^{t} \cdot \mathbf{t}_{v}^{t} - 84^{\min}$	ti, Nu	or compris la	c surveilla	nce.
13parsements	a sable				retombées	Ì					
		1		1	1	1 {	' 	1			
Guciss							t' _v 60 ^{mm}		Fon-	Élé-	En-
	Retrousse:		11	31		D			dations	vation	semble
11	with Jun						t," 20mm		1740	99831	11723
			11	,,			, , , , ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ;	D)		1
Pression	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					23 jours	t ',+-t'' 8()****	$D:S_p$	1 1	73 5	8673
maxima ; 4*5			16411	15'8				$ 1\rangle:W$	20	1143	1343
4**;)											
	39)»					
3)											
I strangence a regard]					1]				Y
1)	and the state of t										*
))	and the second s						•				
Pression : 3k	i i i				1						
Bétau,											
armê de rails.											
Pilotis											
				-							ť
		·					•				

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. 111, n° 7 — A. 3. Sp = Longueur (col. 2) / Largeur entre parapets (col. 3) - C'est la surface offerte à la circulation 4. W = Surface vue de l'élévation / Largeur entre parapets.

1. W = Surface vue de l'élévation / Largeur entre parapets.

2. Pour Sp, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. 111, n° 7 — B.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

					PROJ	ET				
PONT	ENS	SEMBLE		GRANDE VOÛTE						
FUNI	Longueur entre abouts des	Largeurs (entre parapets	INTRADOS ÉPAISSEUI		SEURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	4° ÉVIDEMENTS		
Date	parapets Déclivités	entre tympans	Portée Montée	CORPS	TÊTES	Mortier Poids,	en kg/0m01² Hypothèse	TYMPANS		
Symbole	Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Revanche de la chaussée	Surbaissement Rayon	Clef	Clef Retom- bées	pour 1 mc de sable, de chaux ou de ciment	adoptée Surcharges supposées	2º DÉCORATION DES TÈTES		
1	2 .	3	4	5	6	7	8	9		
Ziegenhals	»	"	Arc d'anse de panier à 3 centres	0,85	(0, 85	Voûte en petits mocllons		lo Pas		
Allemagne	11()mm (1)mm	»	40, 00 4 ^m 20	1 1 70	1170	Aux têtes, crépi simulant		d'évidements		
1905		' »	$\frac{1}{9,52} = 0,105$			de grandes PT 1				
Ā ¹ r¹e (≫ 40m)5	5 ^m 50	()m35	Rayons : Cerveau : 60m Reins:25m676			Ciment - Omc333		20		
Michelau	55 ** 60	$\left(\begin{array}{c} 5^{m}00 \\ 4^{m}60 \end{array}\right)$	Arc d'anse de panier à 3 centres	(0, 80	\ 0, 80	Comme au Pont de Ziegenhals	Pression maxima : sans avec surch surch	l° 2 voûtes transversales		
Allemayne	50 ^{mm} 50 ^{mm}	Pas de fruit	$\left(\frac{42}{5} \right)^{m} 20$	1 2 30	$\binom{1^m30}{}$	Ā ¹ r ^{to} (≥ 4() ^m) ⁵	Clef 18k6 22k Joint derupt. 25k4 29k4	vues, en plein eintr de 3º80,		
1905–1906		z as de n dre	$\begin{cases} \frac{1}{8,07} = 0,124 \\ Rayons: \end{cases}$			Le crépi des têtes est à 1 de ciment, 4 de sable	Retom- bées 13k 15k3 Surcharge :	20		
$\overline{m{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \; r^{\scriptscriptstyle 1e} (\gg 40^{\scriptscriptstyle m})^{\scriptscriptstyle m{G}}$	6 ^m 70	0m40	Cerceau : 50m Reins:26m637				(00)k/Ima))		
Neuhammer	109 100 100 100 100 100 100 100 100 100	6 ^m 00	Arc d'anse de panier à 3 centres	(1 ^m 05	\1, ^m 05	Comme au Pont de Ziegenhals		l° Pas		
Allemay n e	»	(0'''00	$\left\{ egin{array}{c} 52^{\mathrm{m}}_{00} & 6^{\mathrm{m}}_{00} \end{array} ight.$	1^{m} 80	$\begin{pmatrix} 1, 05 \\ 1^m 80 \end{pmatrix}$	A rte (>40m)5		d'évidements		
Projet: 1905 $\mathbf{A}^{t} r^{te} (> 40^{m})^{7}$	»	0 ^m 35	$\left(\frac{1}{8,7} = 0.115\right)$			La douelle est enduite de ciment		<u>2</u> 0		
Schwusen	72 100	\\ \S^m 00	Arc d'anse de panier à 3 centres	/ (Am o o	O.M.	Comme		10		
Allemagne	25 ^{mm} 25 ^{mm}	(.4m60	48, 00 5 ^m 75	$\begin{bmatrix} 0,90 \\ I_{m30} \end{bmatrix}$	0^m_{1m30}	au Pont de Ziegenhals		2 voûtes transversales vues, en plein eintr		
1907		Pas de fruit	$\sqrt{\frac{1}{8,347}} = 0.119$							
$\widehat{\overline{\textbf{A}}}^{\iota} \ r^{\iota e} \ (\geqslant 40^{\omega})^{8}$	8 m 50 (sol)	()m 4()	Rayons : Cerveau : 60m Reins : 40m					20 "		

^{1, -} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6.

SÉRIE Λ^1 Γ^{1e} (> 40^m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

		CUBE DE MAÇONNERIE								
FONDATIONS		A MORTIER								
Nature du sol	CINTI	E		DÉCINTREMENT	TASSEMENTS	DÉPENSE				
Profondeur sous Pétiage Pressions sur le sol en kg/0m()12 Procédé	Type Matière Apparails de décintrement Surhaussement	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux par mq de douelle	MODE DE CONSTRUCTION	État d'avancement du pont Temps entre le dernier clavage et le décintrement Dato	DE LA CLEF sur cintre t .	Totaux et ct par unité de surface utile Sp 3 de volume « utile » W 4				
10	11 19	13 14	15	16	17	18				
n										
11	ļ	į		· .						
Béton, armé de vails Pilotis		; ;								
Pression	Fixe 6			ı		$Q = 675^{\text{mc}}$ $Q : S_p = 2^{\text{mr}}43$ $Q : W = 0^{\text{me}}30$				
maxima : sans surcharge 549	0 %5 0 %80		: :	41 jours		D 44314' 26408' 40722'				
avec surcharge	l "		: : :	6 juillet		$ \begin{array}{c cccc} D: S_{\mathfrak{p}} & 51^{\mathfrak{r}}5 & 95^{\mathfrak{r}}0 & 146^{\mathfrak{r}}5 \\ D: W & 8^{\mathfrak{r}}2 & 15^{\mathfrak{r}}4 & 23^{\mathfrak{r}}6 \\ D: Q & ** & 60^{\mathfrak{r}}4 \end{array} $				
Rocher			! !							
31			1							
Pression: 34	i :									
n n n Pilotis Picaeverticana	Montants 7 Montants n et a partir contrettches des têtes (1m 27) (1m 35)									
et pieux inclinés	•									

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 - A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) - C'est la surface offerte à la circulation 4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 - B.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

	*				PROJ	ET	ado-	
DONT	ENS	SEMBLE			GRANI	DE VOÛTE	ujumpao .	10
PONT	Longueur	Largeurs	INTRADOS	ÉPAIS	SEURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	ÉVIDEME
Date	entre abouts des parapets Déclivités	entre parapets		CORPS	TETES	Mortier Poids.	on kg 00012 Hypothèse	T.A. WLY
Symbole	Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol	l de la chaussée	Surbaissement Rayon	Clef	Clef Retom- bees	pour 1m de sable. de chaux ou de ciment	caloptée Surcharges supposees	DÉCORAT DES TÉT
1	ou de l'étiage	sur l'extrados	4	.	6	7	8	9
de))	ъ	I 4 M	(A ^m AA			Pression innxima : Clet Retons bees	lo 2 vonte
Kupferhamme Allemagne	33 ^{nm} 33 ^{nm}	33	$ \begin{array}{c c} & 48, \\ & 5^{m}75 \\ \hline & \frac{1}{8,347} = 0.119 \end{array} $	0, 90 1, 30		Comme au Pout de Ziegenlads A 1 pte 4 - 3000 pt	things of the	lran svers
1907))	8,541				on one 33k8 Courbede pression pur le nedicu	
$\mathbf{\bar{A}}^{1} \mathbf{r}^{le} (\geqslant 40^{m})^{(1)}$	7 m 1() étiage	()m 45					de la elef et des retauliers 3008 m² Rouleau de 157	So N
							,	
								age videography
								The second secon
								e organización de company
								egy-representation of the state
								tr variations v - 186

r, - Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6,

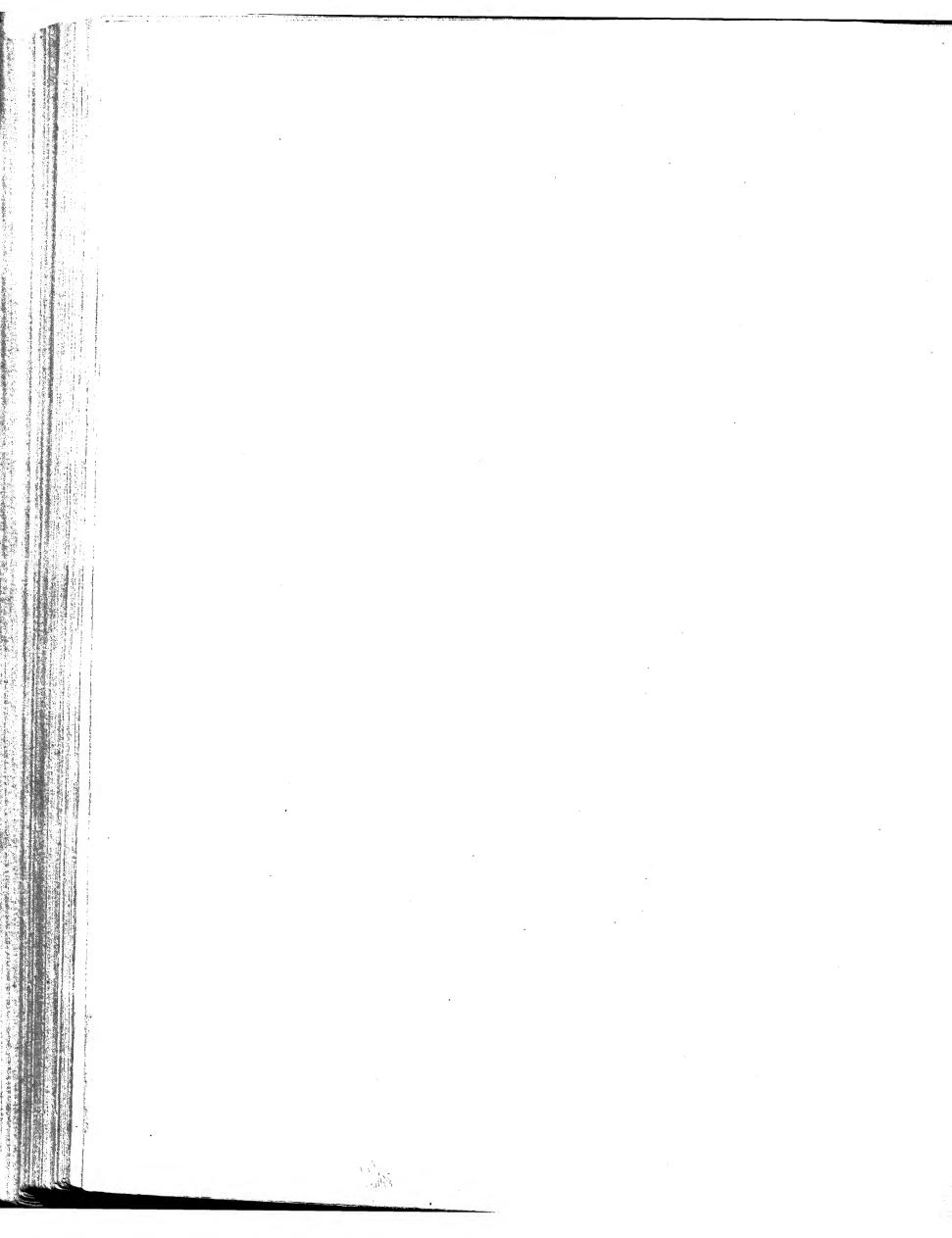
SÉRIE $\mathbf{\overline{A}}^{i}$ \mathbf{r}^{te} $(\gg 40^m)$

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

		EXECUTION			CUBE DE MAÇONNERIE
FONDATIONS		GRANDE	VOÙTE		A MORTIER Q
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg 0°01²	Type Nombre Matiere Epaisseur	Cube do bois Poids de fer Dépenses	DE d	Etat Cavancement du pont cinte	TS DÉPENSE DÉ DENSE Totales
	Appareils de Africa en axe décintrement Surhaussement	2		emps entre le prièr clurage le décintrement Date an décin tremont après	t' par unité de surface utile Sp * de volume « utile » W 4
	11 12	13 11	15 1	16 17	18
n					
n		: 			
11					
Pilatis	1			 - - -	
Plous verticaus et					
pieuw inclinés.	*			! ! !	
	I	; ; !			
	; ;				
	-				
				1	

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n°7 - A. 3. Sp = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) - C'est la surface offerte à la circulation 4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets

Pour Sp, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 - B.



VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISSÉ PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE SÉRIE A rte (>> 4(pm))

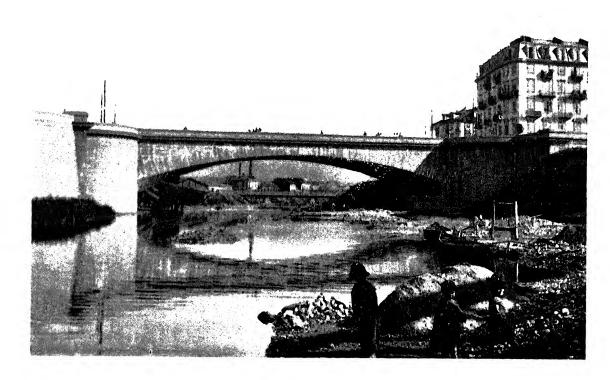
MONOGRAPHIES

PONT MOSCA, SUR LA DORA RIPARIA, A TURIN via Ponte Mosca

1834 (S_{*})

A rte (>> 40m)1

 $\Phi_i = (S_a)$

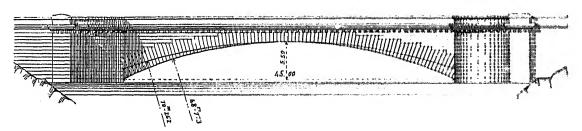


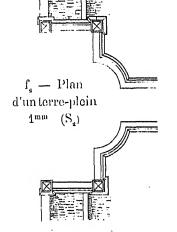
1. Le pont Mosca est imité du « Pont d'une arche de 150 pieds « d'ouverture, projeté (par Perronet) pour être construit sur chacun « des deur bras de la Seine à Melan » ¹. — Le projet de Perronet comportait, comme le pont Mosca, une arche unique en arc sur l'axe, avec cornes de vache aux têtes, bandeaux à crossettes sans saillie sur les tympans. C'est bien le même pont.

1. -- Perronet: * Description des projets et de la construction des Ponts de Neuilly, de Mantes, * d'Orleans, et autres *, Tome second, Paris, Imprimerie Royale MDCCLXXXII, p. 31, 32, 33, Pl. XLIV.

	the state of the contract of t	da van i nam a hapmen van 1976 et sette van 1976 et set set set set set set set set set	•
Voici, comparées, les principales dimensions des deux projets :	Projet de Perronet	Pout Mosen	
Portée	200 Pieds - 64m968 300 Pieds - 97m452	65m 68m773 70m262 1 8,2 1 12,2	The state of the S
Épaisseur à la clef Largeur entre têles	30 Pieds 12m668	1m50 12m18 (S _a)	

 $f_i = \text{Elévation} = 2^{mn} - (S_s)$



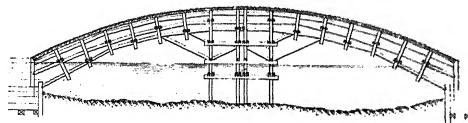


Les culées, beaucoup plus larges que le corps central, s'y raccordent :

au Pont de Perronet, par de courtes courbes concaves ;

au Pont Mosca, par deux tours rondes convexes (f_a) , comme au Vieux Pont de Lavaur a .

 $f_s \sim \text{Cintro} \sim 2^{mm} 5$ (S.



2. Cintre. — C'est à peu près exactement le projet de Perronet pour Melun ³. Les appuis au cerveau ne devaient servir qu'en cas de besoin. ⁵ 1. inpla-

^{2. —} \mathbf{E}^{1} r^{to} (> 40^{m})² — Tome 1.

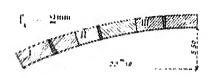
^{3. -} Perronet Loc. cit. renroi f. Pl. NLIV.

a tissement de la grande voûte exigera d'en soutenir le cintre.... que trois files a de forts pieux dans leur milieu....: le dessous du milieu de chaque ferme de a cintre sera disposé de manière qu'elle soit isolée à 2 pieds de distance de ce point a d'appui, pour n'y avoir recours que lorsqu'on le trouvera convenable pendant a la construction de la voûte. Cet intervalle de 2 pieds sera garni de pièces de a charpente, taillées en forme de coins, qui serviront, en les ôtant lors du décina trement, à faciliter le décêtissement des couchis. » 4

On mit 45 jours à tailler et monter les fermes.

- 3. Fondations. Cette grande voûte très plate a été fondée sur pilotis, comme Perronet l'avait prévu pour son pont de Melun . C'était hardi.
- 4. Exécution de la voûte. Deux maçons seulement, servis par quelques manœuvres, posèrent en 75 jours, sans aucun accident, les 651 voussoirs de la voûte: ils pesaient de 5 à 8 tonnes, sauf ceux de la première assise des naissances, qui pesaient de 15 à 18 tonnes.

Comme au pont de Nemours , on tint les joints plus larges là où, d'après les expériences de Perronet et de Boistard, on craignait les écrasements, c'est-à-dire à l'intrados des reins, à l'extrados du cerveau.



Considérons 3 tronçons (f₄). Dans le tronçon I voisin des naissances, les joints étaient plus larges à l'intrados qu'à l'extrados; dans le tronçon II, ils étaient égaux; dans le tronçon III, ils étaient plus minces à l'intrados.

Les épaisseurs des joints dans les tronçons I et III variaient suivant une certaine progression.

Les intervalles entre les assises étaient maintenus aux reins de l'intrados et au sommet de l'extrados par des lames de plomb ; dans le corps de la voûte, par des coins en fer.

Les voussoirs des assises des naissances étaient liés par des crampons en fer.

Tous les voussoirs étant en place, sur cales, les joints vides furent remplis avec du mortier de chaux et de sable propre en parties égales, retenu en douelle par de l'étoupe.

Puis, on retira les coins en fer.

- 5. Décintrement. Au moment de décintrer, on dégrada sur 3^{em} tous les joints d'intrados et d'extrados.
 - 6. Durée d'exécution. 4 ans.
 - 4. Perronet. Loc. cit., reneni 1, p. 31, in fine.
 - h. -- id. Pl. XLIV.
- 6. Projeté par Perronet en 1771, puis modifié. Construit par Boistard, de 1795 à 1804. Arcs de 16925 au 1-15,3.

- 202 voûtes inarticulées série $\mathbf{\bar{A}}^{1}$ $_{\mathbf{r}^{\mathbf{te}}}$ (\gg 40m) monographies

 - 8. Ingénieur. Mosca .
- 7. « Sulle Cause che produssero la ruina del ponte in muratura sul Liri ». Conferenza dell' Ingegnere Pasquale Sasso, Naples, 1880.

 Morandière (S₂) donne 1.400.000'.
- 8. Il était estimé 710.000 lires dans un devis signé le 10 janvier 1823 par C. Mosca « Capitano Ingegnere di la classe di Ponti e Strade ». « Capitali d'appalto per la contruzione d'un ponte ad un sol area sulla Para Riparia presso Torino ». Turin, Imprimerie royale, 1823. (Bibliothèque de l'Ecole des Ponts et Chaussées. Fonds italien. N° 587).
- 9. Il est porté comme Élève de notre École des Ponts et Chaussées, aux Annuaires de 1811-1812 (3° classe), 1813 (1°).

SOURCES:

- S_i. Transactions of the Institution of Civil Engineers, volume I, 1836, p. 183 et suivantes: « Details of the construction of a Stone Bridge erected over the Dora Riparia near « Turin » by chevalier Mosca, M. Albano, A. Inst. C. E.
- S_{a} . Morandière, Construction des Ponts, p. 302, Pl. 61, fig. 8 à 11 ; Pl. 136, fig. 7 : « Pont de Turin, sur la Dora ».
 - S_s . Co que j'ai vu octobro 1903.

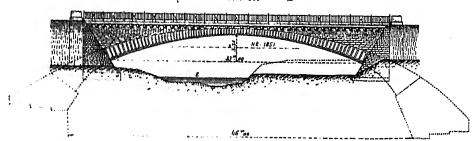
Tout ce qui n'est pas spécifié S, ou S, est de S,.

PONT SUR LA NAGOLD, A TEINACH (ALLEMAGNE, - Wurtemberg)

Route de Nagold à Calw

1882 **A**¹ r¹e (≥ 40m)2

f. - Elévation - 2mm

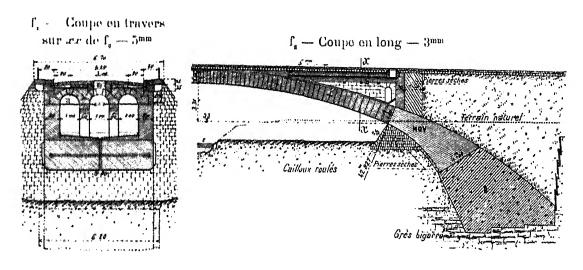


1. Grande voûte. — C'est la première grande voûte du Wurtemberg (S₂). On l'a faite par économie² et pour faciliter le flottage.

Les dimensions en ont été fixées « d'après les principes appliqués en France « pour de grands ponts récents ».*

2. Chaussée. Trottoirs. — La chaussée est empierrée. Ses pentes de $5^{\rm mm}$ écoulent mal les eaux.

Les trottoirs, asphaltés, sont en porte-à-faux de 0°55 sur consoles ancrées dans les tympans.



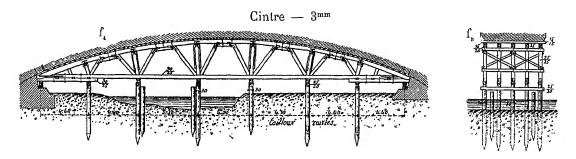
1. - Près de la gare, - Ligne de Pforzheim à Horb, à 30° de Pforzheim.

2.	On avait estimé (S _i) :	
	3 anses de panier de 11m40, 12m40, 11m40	63.000 Mark.
	3 ares de cercle de mêmes portées	60.000
	2 ares de cercle de 17m	55.000
	I are de cerele de 33m à culées verticales	53,000
	1 arc de cercle de 33m à culées perdues	46.000

3. - Die Hemessung der Querschnittsdimensionen des Brückenbogens erfolgte nach den Grundsätzen wertehe neuerdings hei grossen Brücken in Frankreich in Uebung gekommen sind, » (S4).

3. Chape. — Sous la chaussée, enduit lissé de ciment, puis feutre asphalté de 7^{mm}, puis 10^{cm} de sable; sous les évidements, chape en ciment.

La voûte n'a pas été traversée par l'eau.



4. Cintre. — Les bois travaillaient au plus à 30^k ; on plaçait une feuille de plomb aux abouts des pièces fatiguées.

Pas de platelage : chaque assise était posée sur un couchis.

Les boîtes à sable, en fonte, à section carrée de 25/25, étaient reliées électriquement à la chambre du gardien.

Le sable était lavé, séché, et garanti de la pluie par une tôle.

5. Fondations. — On posa dans le béton 1/3 de grosses pierres, par assiscs normales à la courbe de pression.

Après 1 jour à l'air et 6 jours à l'eau, le mortier à 1/3 devait résister à une tension, par $\overline{0^m01}^2$, de 4^k (ciment prompt) 4, 5^k (ciment lent) 4.

La maçonnerie de moellons ordinaires lités, au-dessus du béton (f_a) , fut faite au mortier de ciment à 1/3 en bas, 1/1 en haut, par assises normales à la courbe de pression.

Quand on fut arrivé aux retombées de la voûte, on s'arrêta pour laisser durcir le béton.

6. Exécution de la voûte. — On déposa tous les voussoirs près de leur place définitive. Les pistons des boîtes à sable s'enfoncèrent de 10^{mm}.

Avant de poser une assise, on vérifiait l'emplacement de son couchis.

On posa aux retombées 3 assises à scc⁵: à l'extrados, sur lattes de peuplier tendre de 1^{em} d'épaisseur et 40^{em} de long; à l'intrados, sur des cordes de chanvre entourées de caoutchouc, de 16^{mm} d'épaisseur, à 15^{em} de la douelle.

Le caoutchouc employé se comprima trop : le joint se réduisit à l'intrados à 5^{mm} , au lieu des 10^{mm} prévus.

On posa les voussoirs à sec, assise par assise, en garnissant d'étoupe les joints par lesquels le mortier aurait pu s'échapper. On mouillait les joints et on versait du mortier très fluide qu'on fichait ensuite; puis, une heure après, on enlevait l'étoupe.

- 4. Stuttgarter Cementfabrik Blaubeuren.
- 5. « comme au pont de Claix » (S_a) $\widehat{\mathbf{A}}^1$ rte $(\geqslant 40^m)^5$ Tome III.

On a regretté de n'avoir pas donné aux joints 45^{mm} au lieu de 10^{mm} .

On coula du mortier en même temps aux assises de clef et aux joints secs des retombées.

On avait constaté que le cintre, mouillé par les pluies, s'était élevé de 45^{mm} à la clef : un peu avant de claver, on en arrosa copieusement le sommet.

7. Décintrement. — Il fut opéré par 20 hommes.

Les boîtes à sable n'avaient qu'un orifice : deux se rompirent.

8. Fissures et lassements. — De légères fissures apparurent à l'extrados de la retombée rive droite. Elles disparurent 6 semaines après, l'ouvrage achevé.

La voûte a tassé:

au décintrement (voûte nue), de...... 43mm.

Au hout de 3 mois, le tassement atteignit son maximum.. 84mm.

On ne constata aucune nouvelle fissure pendant 5 mois.

D'après les calculs basés sur les expériences de Bauschinger, la contraction de l'arc devait être 34^{min}, le tassement de la clef, 22^{min}. ⁷

Il est possible que les poches d'argile sableuse, que contient le rocher de fondation, se soient détrempées et aient tassé sous le poids de la voûte.

9. Durée d'exécution.	en semaines
Fouilles et bétonnage (travail de nuit avec des torches à l'huile minérale).	
Maçonnerie de moellons ordinaires lités, en fondation, sur le béton (f,)	3
Grande vonte en pierro de taille	3
Maconneries au-dossus de la voûte	6

40. Personnel. — Projet et Direction des Travaux : M. Leibbrand, « Oberbaurat » à Stuttgart.

Direction locale: M. Paul Braun « Baumeister » à Calw.

- 6. Cest pour les éviter, qu'en Wurtemberg on articulera désormais les grandes voûtes (S_s) .
- 7. La contraction en microns μ par mêtre pour le grès de Bavière est de : 150 μ , sous 10° ; 300 μ , sous 20° ; 370 μ , sous 30° ; 450 μ , sous 40°.

SOURCES:

S. – Zeitschrift für Baukunde, 1883, Heft 6, p. 347 à 356, Pl. 26 : « Steinbrücke über die « Nagold bei Teinach (Württemberg) », Stuttgart, im juni 1883, Leibbrand.

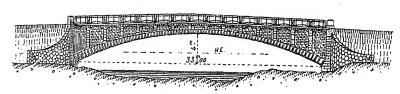
S₄. — Zeitschrift für Bauwesen 1888, p. 235 à 260, Pl. 38 et 40 : « Steinbrücken mit gelenk-« artigen Einlagen ». — Stuttgart, novembre 1887, Leibbrand, - Kgl. Ober-Baurath.

PONT SUR LA MURG, A HUZENBACH (ALLEMAGNE, - Wartemberg)

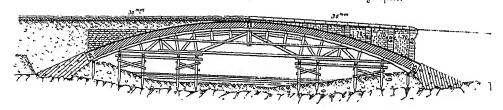
1889

A rie (> 40m)3

f, - Élévation - 2mm



 f_i — Cintre et demi-coupes en long — $2^{mm}5$ (S", i en avant du tympan



1. — à 10° environ en aval de Baiersbronn.

SOURCES:

 \mathbf{S}_{i} — Fortschritte der Ingenieurwissenschaften, – Zweite Gruppe, 7 Heft : « lieuröllute« Brücken », von Karl von Leibbrand, Präsident der K. Wärtt. Ministerial-Abteilung für den Strassen-und Wasserbau.

S', — Tableaux statistiques, p. 22. S'', — Dessins, Pl. I, fig. 35 à 39.

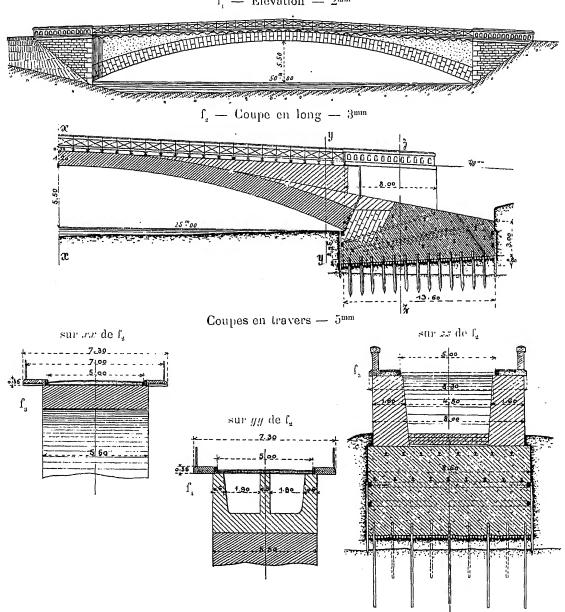
PONT SUR LA MALAPANE, A WENGERN

(ALLEMAGNE, - Silèsie, - Cercle d'Oppeln)

Route d'Oppeln à Yellowa

 $1904 (S_1)$

 f_i — Élévation — 2^{mm}



1. Personnel. — Projet et Entreprise: MM. Liebold et Cte, de Langebrück (Saxe).

SOURCE:

 S_i . — Dessins d'exècution qu'ont bien voulu me remettre MM. Liebold, en 1908.

PONT SUR LA FREIWALDAUER BIELE, A ZIEGEMHALS

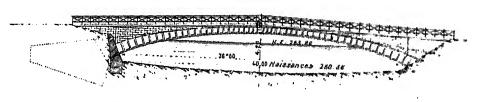
 $(ALLEMAGNE_{\ell} + Silisiv_{\ell} + Cerebe_{\ell}de_{\ell}Neisse)$

Route de Ziegenhals à Zuckmantel

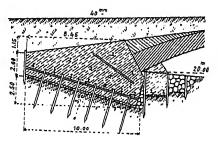
1905

 $\mathbf{A}^{t} \mathbf{r}^{te} (> t(m)^{2})$

f - Elévation - 2mm



f. - Coupe on long - 3mm



(240.06) 20 To

1. Personnel. — Projet et Entreprise : MM. Liebold et C., de Lan-gebrück (Saxe).

SOURCE:

 \mathbf{S}_{c} . — Dessins d'exécution que m'ont graciousement remis MM. Liebold, en 1998.

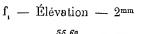
PONT SUR LA GLATZER NEISSE, A MICHELAU

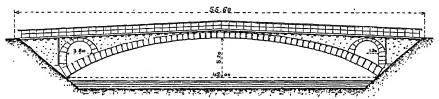
(ALLEMAGNE, - Silesie, - Cercle de Brieg)

Route de Michelau à Gross Saarne

1905-1906

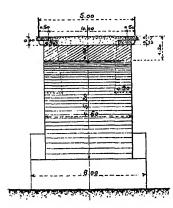
 $\stackrel{\bigcirc}{\textbf{A}}{}^{\scriptscriptstyle 1} r^{\scriptscriptstyle te} \ (\geqslant 40^{\scriptscriptstyle m})^{\rm G}$

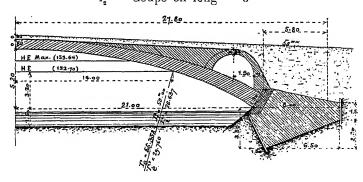


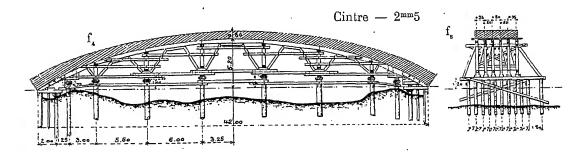


f_a — Coupe en travers à la clef — 5^{mm}

 $f_{\rm e}$ — Coupe en long — $3^{\rm mm}$

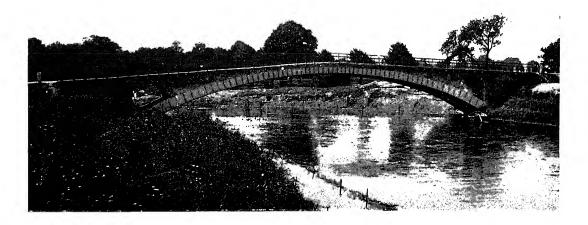






1. Dates (S2).

Commencement des travaux	27 septembre 1905
Grande voûte	15-26 mai 1906
Décintrement	6 juillet 1906
Ouverture à la circulation	24 août 1906



2. Personnel (S₄) — *Projet et Entreprise* : MM. Liebold et C^{io}, de Langebrűck (Saxe).

Direction des Travaux: M. Schleicher, « Regierungsbaumeister ».

SOURCES:

 $S_{\rm t}$. — Dessins d'exécution qu'ont bien voulu me remettre MM. Liebold, en 1908.

 $S_{z}.$ — Renseignements et photographie que m'a gracieusement edressés, en juillet 1909, M. Gretschel « Landesbaurat », à Breslau.

PONT SUR LA QUEIS, A NEUHAMMER

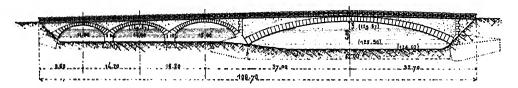
(ALLEMAGNE, - Silèsie, - Cerele de Sagan)

Route du village à la gare

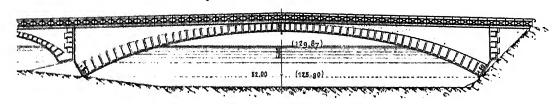
Projet : 1905 (S_i)

A rte (40m)7

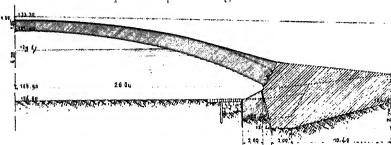
f. — Ensemble — [mm



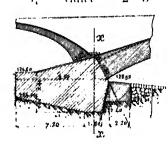
f, - Grande arche -- 2mm



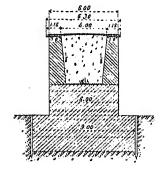
 $f_a \sim Coupe$ en long $\sim 2^{mm}5$



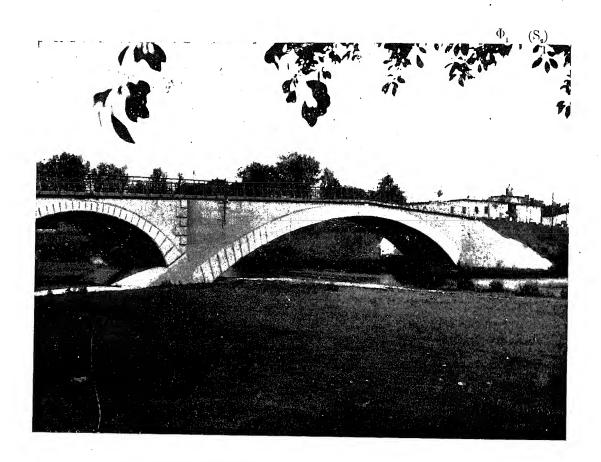
f, Culée - 2mm5



 $f_{\rm a}$ — Coupe on travers sur xx de $f_{\rm c}$ — $3^{\rm min}$



1. Aspect (S₂). — On a simulé de très grosses pierres de taille aux têtes et aux chaînes d'angle.



Les tympans sont crépis. La douelle est barbouillée de mortier. On paraît s'être peu préoccupé de l'aspect.

2. Personnel. — Projet et Entreprise: MM. Liebold et C¹⁰, de Langebrück (Saxe).

SOURCES:

S. — Dessins d'exécution qu'ont bien voulu me remettre MM. Liebold, en 1908.

 S_{z} . — Ce que j'ai vu — aout 1909.

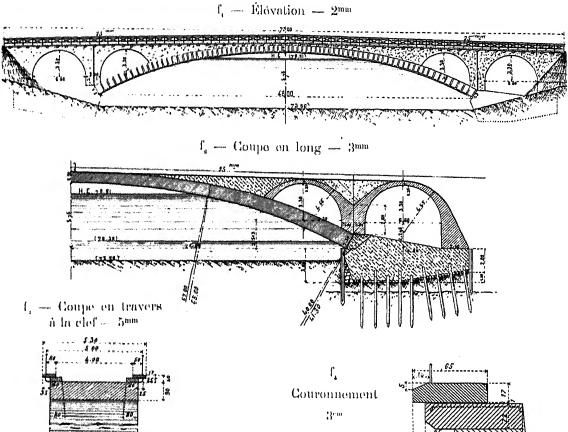
PONT SUR LA BARTSCH, A SCHWUSEN

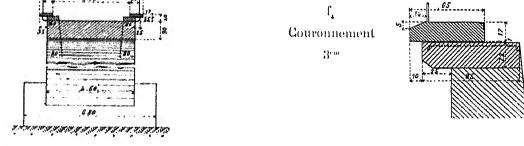
(ALLEMAGNE, - Silèsie, - Cercle de Glogau)

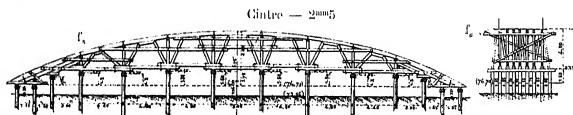
Route de Schwusen à Fraustadt

1907

A rto (> 40m)8







1. Personnel. — Projet et Entreprise : MM. Liebold et Cie, de Langebrück (Saxe).

SOURCE:

S_c. -- Dessins d'exécution que m'ont gracieusement remis MM. Liebold, en 1908.

T. III. — 29

PONT SUR LA FREIWALDAUER BIELE, A KUPFERHAMMER

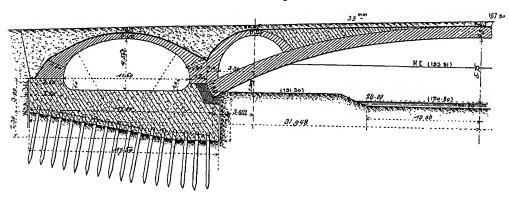
(ALLEMAGNE, - Silésie, - Cercle de Neisse)

Route de Weidenau à Neisse

1907

 $\widehat{\pmb{\textbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1} \; r^{\text{te}} \; (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^9$

 f_i — Coupe en long — 3^{mm}



1. Personnel. — Projet et Entreprise : MM. Liebold et Cie, de Langebrück (Saxe).

SOURCE:

 $S_{\mbox{\tiny L}}$ — Dessin qu'ont bien voulu me remettre MM. Liebold, en 1908.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISSÉ 1

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CONDUITE D'EAU (AQUEDUCS)

Série A aq (>-40m)

VOÛTES INARTICULÉES

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CONDUITE D'EAU

					PROJE	ET	Marie Control	
DONT	ENS	EMBLE			GRAND	E VOÛTE		10
PONT	Longueur de l'ouvrage	Largeur	INTRADOS	ÉPAISS	EURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	ÉVIDEMENT
Date	Déclivité	entre tympans sous la plinthe)	CORPS	TÊTES	Mortier	en kg/0m012 Hypothèse	TYMPANS
Symbole	Hauleur maxima de l'ouvrage au-dessus du sol ou de l'étiage	Fruit des tympans	Montée Surbaissement Rayon	(Clef i _{Retombées}	$\left\{egin{array}{l} ext{Clef} \ ext{Retom}_{\sim} \ ext{bives} \end{array} ight.$	Poids, pour twe de sable, de chaux ou de ciment	adoptée Surcharges supposées	2º DÉCORATIO DES TÊTE:
1	ou de l'enige	3	4	5	6	7	Я	9
Weisenbach	'n	Am entre bandeaux	40, 00	\(\left(1\)^\(\mathrea\)35		Béton fait à la main $1^{v} - 2^{v}, 5 - 5^{v}$	Pression Clef : 20k Naissances : 25k	1º Voûtes transversal
Allemagne	'n	Largeur de la conduite : 2 ^m 20	$\begin{cases} -5^m 00 \\ \frac{1}{8} = 0.125 \end{cases}$	1,70		Ciment Dyckerhoff et fils de Biehrich	n	vues, en plein ein
1885 $\mathbf{\overline{A}}^{1} \text{ aq } (\geqslant 40^{m})^{1}$						Aux têtes, joints simulant de grandes pierres de taille	4™5 d'enu par m. c ^t	20 »
		·						

^{1 -} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, page II, nº 6.

(AQUEDUCS)

SÉRIE A aq (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

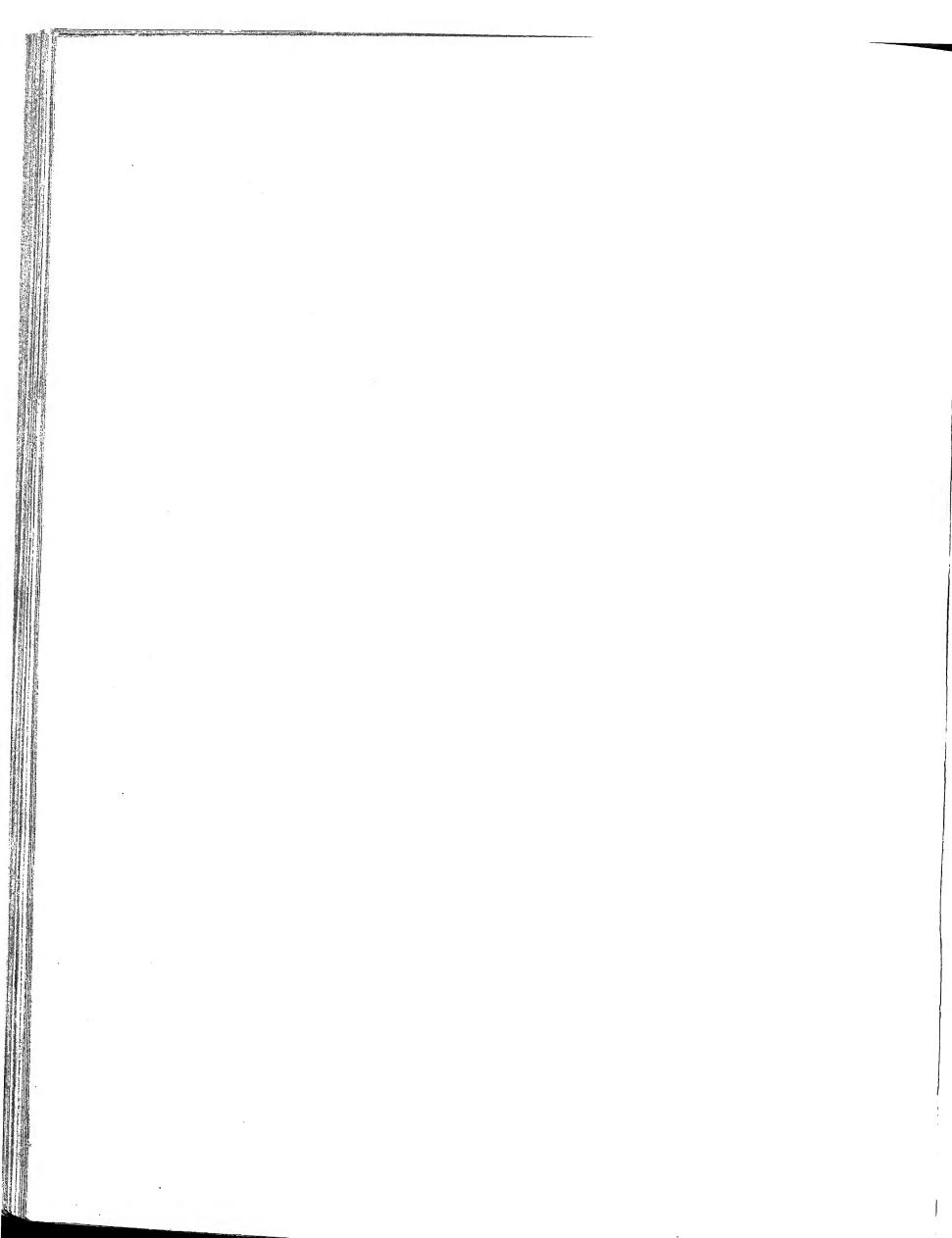
and the second			EXECUTION	The second A AMP on the second			CUBE DE MAÇONNERIE
FONDATIONS		****	GRANDE	VOÛTE	- 10 Pro-1000		A MORTIER
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg ()m()12 Procèdé	Type Matière Appareils de	RMES Nombre Epaisseur Leartement d'anc en ance Suchaussement	Cube do bois Poids do fer Dépenses Totaux par mq de douelle	MODE DR CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont Temps entre le dernier clurage et le décintrement Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur eintre to au décin-t' trement t' après t''	DÉPENSE D Totaux et par unité { de surface utile Sp³ de volume « utile » W «
	Fixe			Voûte construite par tranches de 4 à 5* séparées par des joints de 4 à l'intrados, 5*5 à l'extrados, matés après 7 semaines, (le retrait du béton achevé.)	Voute nue 1 jour après matage	t , ()	
		;				•	
	:						
en beginnen de Breit, Lame							

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.

4. W Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

5. W' = Surface de l'élévation au dessus des fondations × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — B.



VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISSÉ PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CONDUITE D'EAU (AQUEDUCS)

SÉRIE A aq (~ 40m)

MONOGRAPHIES

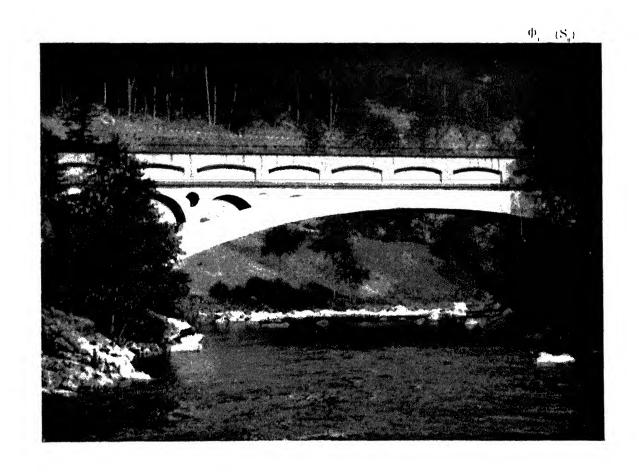
PONT SUR LA MURG, PRÉS DE WEISENBACH

(ALLEMAGNE, « Grand Duché de Bader

Canal d'amenée à l'usine Holzmann

1885

 \mathbf{A}^{i} are $i = 30m_{i}1$



1. Exécution de la voûte (S_i) . — On pilonnait le béton par couches parallèles à la douelle, entre cloisons transversales espacées de 4 à 5^m . On enlevait ces cloisons, puis on dressait les parois des tranches.

On n'a pas eu à soutenir les tranches des reins.

- 2. Date (S_i) . Le pont a été achevé à la fin de l'automne 1885.
- 3. Personnel (S₁).

Ingénieur : M. Karl von Muller, de Fribourg en Brisgau.

Entrepreneurs: MM. Thormann et Schneller, d'Augsbourg. Le projet de cintre est de MM. Thormann et Stiefel.

SOURCES:

 S_i . — Lettres de M. Karl von Muller à M. Max Leibbrand, Landesbaurat à Sigmaringen (7 et 9 août 1906), que M. Leibbrand a bien voulu me communiquer, — juillet 1909).

S_a. — Ce que j'ai vu — septembre 1908.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISSÉ 1

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série $\mathbf{\hat{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ $\mathbf{F}^{\scriptscriptstyle r}$ $(\geqslant 40^m)$

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

					PROJ	ET		
PONT	ENS	SEMBLE			GRAN	DE VOÛTE		40
: : 	Longueut entre abouts des parapets	Largeurs (entre parapets (entre tympans		ÉPAIS	-	MATÉRIAUX	PRESSIONS en kg/0m01 ²	1° ÉVIDEMENTS DES
Date Symbole	Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	sous la plinthe Fruit des tympans Revanche du rail	Montée Surbaissement Rayon	CORPS Clef	TÊTES Clef Retom- bees	Mortier Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment	Hypothèse adoptée Surcharges supposées	TYMPANS 20 DECORATION DES TETES
Etats-Unis États-Unis 1899 Ar Fr (> 40m)1 2 voûtes égales buttant contre le même rocher. Ce sont deux Ar, ce n'est pas un An.	109m 98	Pas de parapets 8m23 Pas de fruit 2m438 jusqu'au-dessus du rail	Arc de cercle $\sqrt{42}^{m}, 672$ $\sqrt{6^{m}096}$ $\sqrt{\frac{1}{7}} = 0.143$	(1, 219) 1 219 rouleau d'é unifor	rme	Intrados o 616 Extrados o 635 Aux reins, à partir de 7 de la clef, remplissage en maçonnerie de 0 à 3 50 d'épaisseur Ciment Portland	Pression	Pas d'évidements

^{1. -} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6.

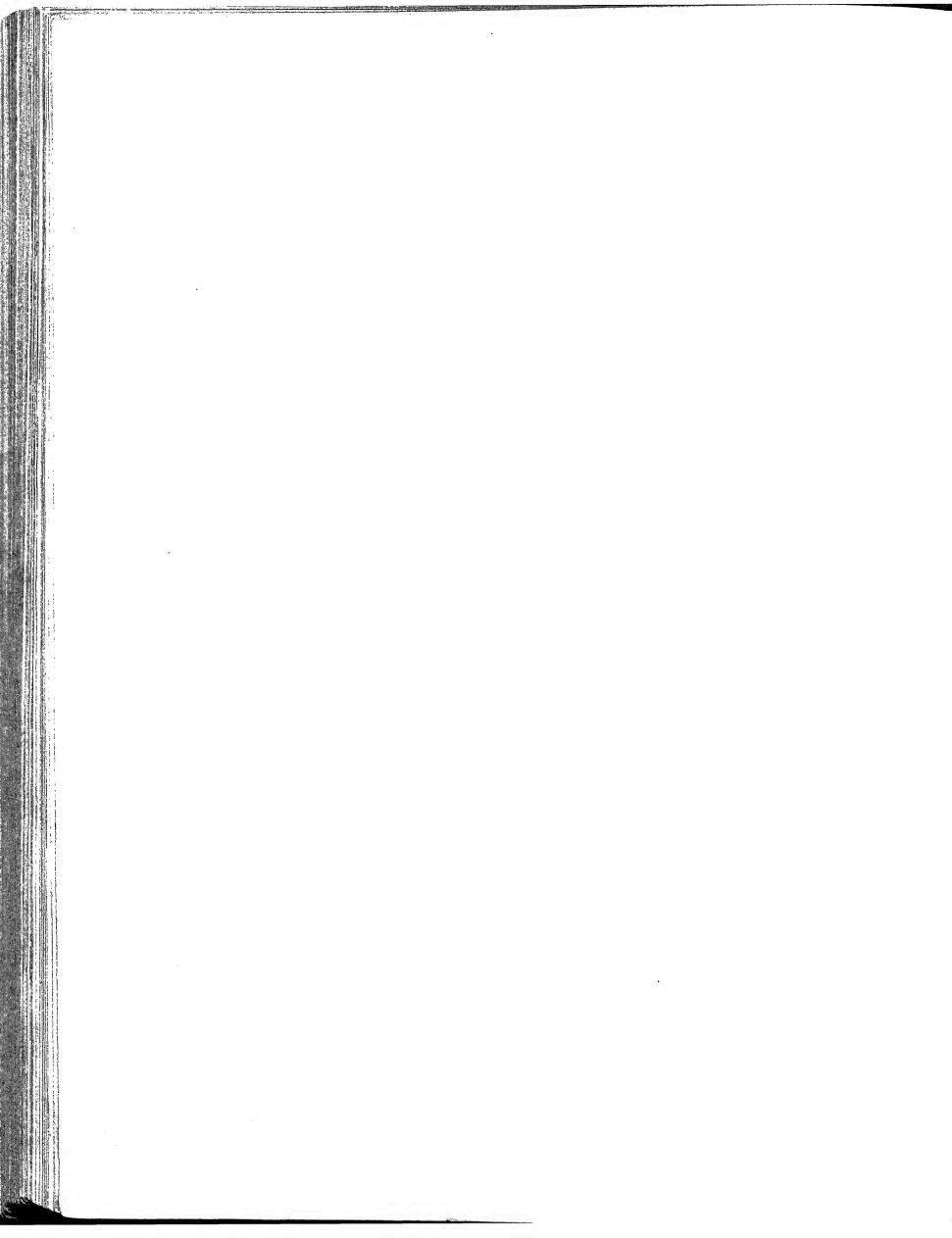
A VOIE NORMALE

SERIE $\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ $F^{\scriptscriptstyle P}$ (>40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

agyan t t t ≤ Af	Thuy ging		EXÉCU			Andrews Transcott Her	-me - man of the company	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER
idations ure du sol	, agree 198 of 1 m T	CINTI		ANDE	VOUTE		- farming per profession on whiteen whiteep	Q_{\perp}
ofondeur s l'étiage essions r le sol sg/O=012	Type Matière Ampareils de	Nombre Épaissear	Cube d Poids Déper Totaux	do for	MODE DE CONSTRUCTION 15	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont Temps entre le dernier clavage et le décintrement Date 16	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre to the decin-t' trement après t' 17	$\begin{array}{c} \textbf{DEPENSE} \\ \hline \textbf{D} \\ \hline \textbf{Totaux} \\ \text{ot} \\ \textbf{par unité} \begin{pmatrix} \text{de surface utile } \mathbf{S_p} \\ \text{de volume * utile * W *} \end{pmatrix} \\ \textbf{18} \end{array}$
acher "	Arche sur la rivière : Retroussé sur 11758	6 25·m 1 m539)	Pour les 2	cintres :	Joints matés à la spatule	Arche Est 21 jours	t, 25°°°°	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
и	Arche de déclinge :	ramm				Archo Ouost		y compris to démolition de l'ancien pont. D: Sp = 311'0 D: W = 21'1 D: Q = 92'0
n	Centin Centin Sour les conclus	:	ŧ			30 jours		
		ì						

le calcul de la surface de douclle, voir Avertissement, Tome III, p. III, nº 7 - A. 3. Sp. = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) - C'est la surface offerte à la circulation 4. W Surface vue de l'élévation > Largeur entre parapets 5. W Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets Pour Sp. W. W', voir Avertissement, Tome III, p. III, nº 7 - B.



VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISSÉ

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE A Propins

MONOGRAPHIES

PONT DE BELLOWS FALLS, SUR LE CONNECTICUT

(ETATS~UNIS, ~ Vermont)

Ligne de Boston ¹ à Montréal, par Fitchburg et Rutland (Boston and Maine R.R.)

1800

 $oldsymbol{A}^{\mathrm{T}}(F^{\mathrm{re}}) = \S(0^{\mathrm{m}})^{\mathrm{T}}$

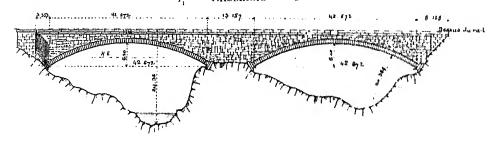
 $\Phi^{1} = (\varphi^{2})$



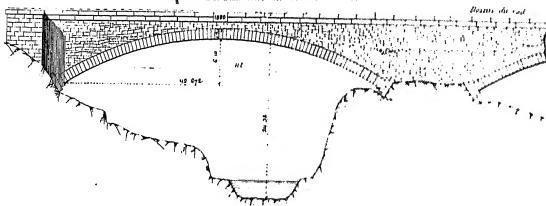
1. Pourquoi il est dans la série \mathbf{A}^i . — Ce n'est pas un pont à deux arches (\mathbf{A}^n) . Ce sont deux arches uniques buttant contre le même rocher.

- a 114 milles de Boston.

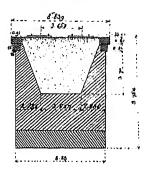
 f_i — Ensemble — 1^{mm}

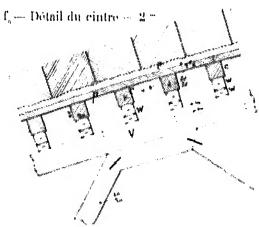


 f_s — Arche sur la rivière — 2^{mm}

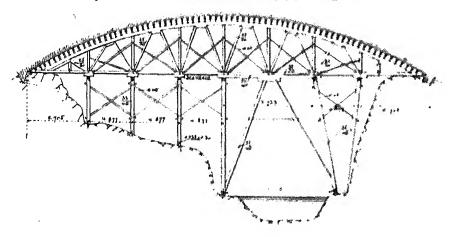


f_s — Coupe on travers aux retombées — 3mm





f. — Gintre de l'arche sur la rivière — 2005



- 2. Pourquoi on a fait un pont en maçonnerie. Il remplace un pont en bois à deux travées : on a adopté des arches en maçonnerie, comme les plus vite faites et les moins chères.
- 3. Couronnement. La plinthe est en deux assises en porte-à-faux de 15^{rm} chaeune.

Il n'y a pas de garde-corps.

4. Cintres. — A. - Partie au-dessus des naissances. — Elle est la même pour les deux cintres.

Les montants et contrefiches sont en sapin de 25^{cm} × 30^{cm}.

Les assemblages tiennent par des broches ; les pièces n'en sont pas entaillées. Les vaux V (f_s) sont formés de 4 cours de planches de 7^{cm}6×25^{cm}4, clouées l'une sur l'autre en découpe.

Les couchis c, de $20^{cm} \times 20^{cm}$, portent sur des coins en chêne W de 15^{cm} de largeur et 45^{cm} 7 de longueur. Il ya une paire de coins par couchis et par ferme, soit 72 par ferme, 432 par voûte.

Au décintrement, il a été très difficile de décoller ces coins, probablement parce qu'ils étaient en bois vert non raboté.

Les couchis portent un platelage ρ de 7°°6 (f_s).

Pour tenir compte des bosses des voussoirs en douelle, on a ménagé entre le platelage et la douelle théorique, un jeu c de $7^{\rm cm}$ 6 (S₄). On a posé les voussoirs sur des liteaux taillés en V, puis bourré le vide de fil de caret ².

B. - Partie au-dessous des naissances. — Les montants sont en pin dur de $35^{cm} \times 40^{cm}$.

A cause de la violence du courant, on a dû retrousser sur 11°58 le cintre de l'arche en rivière ; il porte sur deux montants inclinés s'appuyant sur une semelle posée sur une plate-forme en béton étalée sur le rocher.

Les autres montants du cintre en rivière, et tout l'étage inférieur de l'autre, s'appuient directement sur le rocher préalablement nivelé.

Des goujons de 30° de long, 38° de diamètre, pénètrent par moitié dans le rocher, par moitié dans les montants.

La charge sur les poteaux du milieu est d'environ 30 tonnes.

5. Exécution des voûtes. — Les joints des libages, de 13^{mm} à l'intrados et 51^{mm} à l'extrados, ont été matés ^a au mortier de ciment Portland, avec des spatules ^a en fer, de 13^{mm} d'épaisseur et 76^{mm} de largeur.

La voûte Est, cubant 458 7, a été construite en 4 jours.

^{2 —} з сыре унси «.

^{3. . .} temped a

i. stripe ..

voûtes inarticulées — série $\widehat{\mathbf{A}}^{_1}$ $\mathrm{F^r}$ ($\geqslant 40^{\mathrm{m}}$) — monographies

6. Quantités.

228

Voûtes et socles	964 ma 8
Plinthes	218 ա 6
Tympans et remplissage	1886 աս
Beton en fondation (cintre)	137 ™6
	3207 **** 0

7. Dates. — Les travaux ont commencé le 12 septembre 1899. Les trains ont passé sur le pont le 10 décembre 1899, soit 90 jours après.

8. Personnel.

Projet: M. A. S. Cheever, Ingénieur en chef de la Division de Fitchburg, (Boston and Maine R.R.)

Entrepreneur: M. J. W. Rollins, Jr, Ingénieur de la Maison Holbrook, Cabot et Daly.

SOURCES:

 $S_{\iota}.$ — Engineering News, 21 juin 1900, p. 402 : « New double 140 Ft. span stone arch « bridge for the Fitchburg R R., at Bellows Falls, Vt. »

 S_{\sharp} . — Dessins d'exécution et photographies, gracieusement communiqués par M. A. S. Cheever, Member Am. Soc. C. E. « Superintendent Fitchburg Div. », Boston and Maine R. R.

Ce qui n'est pas spécifié S, est de S,.

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISSÉ 1

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

Série $\widehat{\overline{\mathbf{A}}}^{\mathbf{n}} r^{\text{te}} (\geqslant 40^{\text{m}})$

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

·		***************************************			PROJ	ET]
PONT	ENS	SEMBLE			GRANDI	ES VOUTES	And Anna Carlo Market	
Date	Longueur entre abouts des	(entre parapots	INTRADOS	ÉPAIS	SEURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	ÉVIDEMENTS
Symbole	parapets Déclivités Hauteur	entre tympuns sous la plinthe	Portée Montée	CORPS	TÈTES	Mortier Poids,	on kg 0m01 ² Hypothèse	TYMPANS
En quoi consiste l'ouvrage	maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	des lympans Revauche de la chaussée	Rayon	Clef Retumbées	11.13	pour twe de sable, de chaux ou de ciment	udoptée Surcharges supposees	20 DÉCORATION DES TÈTES
Putney Angleterre 1882–1883	. ,)	(13 ^m 411 (117 ^m 325	Are de cercle 43, 891 5" 86	1"372		Bandeaux : PT		po politics sur murs longitudinaux
An rie (> 40m)1	34 15 No.	Lêger fruit	$\int \frac{1}{7,46} = 0,133$	1" 676 vers tes retambies				de 0%7 espacés de 1%06 et 1%07
5 voites en arc : une centrale de 43m891 à 1/7,46 2 intermédiaires de 39m319 à 1/7,94 2 de rive de 34m138à 1/8,61))	n	43m 97			Ciment Part/and		2n
Boucicaut	233# 94	(8 ^m 00	Arc de projection de chainette renné par rapport à l'arc de cercle	(1,05	, 1,"0:3	Bandeaux : PT	Presenta moyenne a la chef	to Pas
France	O	l 8''' 70	de omater à 70 ° ,, de la 1/2 portée à partir de la clet	1.05	/ 1, 05 / /**238	Donelle et Queutage : MAV '	100 tr	d'évidements 20
1888-1890 An r ^{to} (>· 40m) ²	11 ^m 36	Pas de fruit	$\left\langle \begin{array}{c} 40, 00 \\ \tilde{\delta}''' 00 \\ \frac{1}{8} = 0.125 \end{array} \right $			Galles (ur les Glaces Galenire de Villebous (1996 ga moyena c	de pression	Medaillons dans les tympans au dessus des peles
5 voûtes égales de 10m		Om 55	53m90 26m07			Vacar rom		
Mehring	237#	(6 ^m 50	Arc d'anse de panier à 3 centres	, 1,"00	у 1,""(ж)	Béton :	Prospen 863 mos	P° S vontes transversales
Allemagne 1903-1904 \$\begin{align*} \begin{align*} align*	»))	$ \begin{pmatrix} 46, & & & & \\ 6^m, & & & & \\ 6^m, & & & & \\ \frac{1}{7,455} \approx 0,133 \end{pmatrix} $	1":30	l 1 ^m an	£ , st° , st°	Her 21 (4) (4) (6) (6) (6) (6) (6) (6) (6) (6) (6) (6	vues, en plemeintre, de 2000, sur jales de 10070
A rec (≥ 4()m). A voites égales de 16m	[2 m 7()	n	(it)m				lafter may et House are a varietie sk. 180	<u>i</u> n

z. -- Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6.

SÉRIE An rte (> (0m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

			EXÉCU	JTION						CUBE DE MAÇONNERIE
FONDATIONS			GRA	NDES	VOÛTES					A MORTIER ()
Nature du sol		CINTI	RES			1		MAGON		• • • • • • • • • • • • • • • • • • •
Profondeur sous l'étinge	FEI	RMES	Cubo do		MODE		INTREMENT Etat	TASSEI DE LA		DÉPENSE D
Pressions surlesol on kg 0m012	Type Matière	Nombre Epicisseur Ecartement	Poids d Déper	IROR	CONSTRUCTION		vancement du Pont aps entre le Ger clarage	an dèc	in- +	Tolanx
1	Appareils de décintrement	- 'Waxe en axe Surhaussemen)		par mq da doualle 2		et le c	<i>lécintrement</i> Date	1	s t _v "	et par unité (de surface utile S _p * (de volume « utile » W 4
Mediana made have to take to the		13	13	Н	15		16	} (17	[8
Argile dure	Arche Retroussé	centrale			Voussoirs sur bundes					
it .	nur 16°76) \ 9			de plomb de 5000,			ļ		-0.6453680°
Piles:		"			larges de 5°°,			t		Prix d'adjudication
Cuissous metalliques haves	Tale	[m727]			placées suivant le rayon.					
Culces :	Coins									·
Épuisements dans des butardean,c		} On a construi	l Lå cintres.							
Saldeargitens]	· · · · ·				
fin	Arche rive droite :		Cintre ma	nrinier. ()*** 89	A pleine	1	rche rive d Scintrée pré	maturés:	nent)	Fon- Élé- En- dations vation semble
Piles:	Retroussé sur limin	(6	5558k	15 ^k 17	épaisseur,			1	存在mm cmal =	6
Beton immerge	+marmiers	1 25 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	17312°	47134			Autres a	rches :		D
dansun carreon sans fond échair sur	Antres arches :	•			6 tronçons,	11	paus montés n myenn		1 .9	$D: S_p = 68.4 191.3 259.7$
pilute-enraches Pression	Pixes	:	Cintro co	() me 75	7 clavages.	Voite	cextrados. 	t,	t,"	$ D:W = 5^{\circ}6 -15^{\circ}7 -21^{\circ}3$
maxima :	Potenux,	1	1		r ciavages.	2	229 J	. 8 ^{mm}	23300	
our le bétou - l'iby our le 2011 landéals preus - 1881	poingars, triangles		2885*	7488		3	207 j		31	6. Dont 10,000 pour les bornes et medaillors.
Culées :	Verms	:	131654	35193		5	185 j 67 j		22 40	
Pienx		,				11 0			L	
cuiffes de 1m20 de latun		On a construi	t 5 cintres.		94		5 juin			
			107			İ		**		
Roder	Aux 2 arches		chaque cintre	marinier.		Vi	oùles mues	70	7() ^{mm} narinier)	Fon- Élé En-
2N	du milieu,	0	Picus 28m		Tranches				t',	dations valion semble
, M	jarear marimète de Hegy	1 277 1 1 1 1 1 1	intéricur 02m Ltage aparicur 80m		symétriques.	RG	19 j	8'	min	D 75274 186643 261917
		•	Platelage 14m	() ^{me} (52		i	46 j 57 j	10		$D: S_{\mu} = 48^{\circ}8 + 121^{\circ}2 + 170^{\circ}$
A chaque pole, 2 cursants		g v. a - daga basi				RD	63 j	15		D: W 3'8 9'4 13'2
haves.	Coms	[titimint	Pour les 4	eintres.		i				
and the second			10000 #		}					

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

			9		PROJ	ET		
PONT	ENS	SEMBLE			GRANDI	ES VOÛTES		10
Date	Longueur entre abouts des	Largeurs centre parapots		ÉPAIS	SEURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	I° ÉVIDEMENT
Symbole En quoi consiste l'ouvrage	parapets Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	entre tympans sons la plinthe Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	Portée Montée Surbaissement Rayon	CORPS Clef	TETES (Clef Reton-bees 6	Mortier Poids, pour twe de sable, de chaux ou de ciment	en kg 00012 Hypothèse adoptée Surcharges supposees s	DES TYMPANS 20 DECORATION DES TEES
d' Orléans France	353m42	\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	Arc de projection de chainette renfé par rapport à l'arc de cerele de 0*13 à 72 0/0 de la 1/2 portée à partir de la clef.	\\\ \(\begin{align*} 1, 25 \\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	/ A,	Quentage : MAV 9	Clet 26 8 1889	40 8 voites fransversald vines, en are decere do 2080 à 1 0,51, sur piles
1904-1906	10°m Ari	Pas de fruit	$\begin{array}{c} 43,85 \\ 5,80 \\ \frac{5,80}{7,56} = 0.132 \end{array}$			the terms of	Reton 36 h 20 h 5 article a factor of the appear of the appear of the appear of the appear of the plant of the appear of the app	de 0005, percées de 4 veûtes en pleineint de 1060
$\mathbf{\bar{A}^n} \; \mathbf{r^{te}} \; (\gg 40^m)^4$	13 ^m 41	•	[.18m 827 "	-	and the second s	Massangis (Young) Senozan (Saione et Loure), Saints Florent (Cher), Comblanchien (Cote d'Or) 600 a Hog	Are elestions	29 Are levalue
10				-		Coudles GHA -		
Krappitz Allemagne 1905))	3)	Arc d'anse de panier à 3 centres \ \frac{50}{6}, (00) \frac{6}{6}, 00	\ 1, 20 \	1,"20	Voule en petits moellons, « Aux teles, creja		p 12 youtes transyersale ynes, aspleancintr
An rie (≥ 40m)5 Une voite de 50m; ntre 2 voites en arc, de 25m à 1/5,55	()m (lit)	()m (t)	$\begin{cases} \frac{1}{8,33} = 0.12 \\ \frac{6 \cdot l^m 10}{11m90} \end{cases}$	2" aa	2 ^m (10	sumbait de grandes pierres de balle Uniont tres.LLI	}	ele- 140, nelle- 140, ele- 140
de ross-Kunzendorf Allemayne Ān rte (>> 40m)6	1()()m &()	\ \ 8 ^m 30 \ 7 ^m 20	40, (00) 4, 20 1, 3, 23 = 0, 105	\ 0, 90 \ / 1 "35 \ /	O."90)	Commo- ar Pont de Krappatz An possign, 5	,	l" Pas d'evrdement
Une voilte de 40m entre 2 voiltes en arc, de 20m à 1/5,55	7m (étiage)	()ni 45						a Jing ther

^{1 —} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, page II, n° 6.

SÉRIE An rte (> 10m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

Andrew Control of the				to the try selectioners	er en E. v		PLEAU 2		110,011	(**************************************	,
			EXEC	UTION				CUB	E DE M.		ERIE
FONDATIONS			GRA	NDES	OÛTES		by WATERWAY	A MORTIER			
Nature du sol	math :	CINTR	ES				We u c nye nyemu				
Profondeur	-	RMES	Cube d	e bois	MODE	DECINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEE		DÉPE T		
sous l'étiage Pressions	Type	Nombre	Poids	de fer	ьк	État d'avancement du Pont	sur t				
surlesol on kg (1901)2	Matière	💚 Epaisseur	Dépe	-		Temps entre le	au décin- 4		Tota		
Procede	Appareils de	Ecartement d'ave en ave	Totaux	par mq	CONSTRUCTION	dernier clarage et le décintrement	nprès t	 par un	et na i de su	face utile	S _p , *
10	11	Surhaussement	13	11	15	Date to	17	Jan un	de vol. (de vol. (8	lime « ntil	св W 4.
	Aux		Moyenne de Picavo				t _e (co <i>mm</i>)				
Marne	2 arches RD:			1	A pleine	ļ ('i	otres : Clef Relus		t t		
*titet He.	****	9	370***	f Nute * C	épnisseur	32	(20 ค. 25 ก		Fons dations	Elé- vation	En- semble
	Retranse sur 9**	2.5.71	13/11	0 10 58		nues	20 38.5				
	(marinier)	1			10 trongons	11	_{iders} (38 à 14 à ders (50 20,5	Q	14355 ^{me}	18816 ^{me}	33171 ^{me}
_ (m7 i) (Nm(i)		m 7()	96374	1512	•		t (cn mm)	$Q:S_p$	2m (K)	3mc OO	Gm+ 05
	Aux		No. of the state o		11 clavages		tmovenue	Q:W	Ome 25	(June 32	Om 57
	5 autres arches :	r	254131	101	1 Citt tipm	1,,,,,	tich a teteni				
Presion	ragion different to		!				73 / 8 ^{mm} 63 / 0 ^{mm} 6	l D	9224621	369472	2201034
maxima :	Fixe		!				37 j 8™3				
Culium 1753 Pilim USA	Montants	n				\$9/31 mai	: :	$D: S_p$	1944	28811	1821:
	et contreli læs			:		Arches un		D : W	1518	2314	304;
				1		decintrees particles completement	aver 6 et 7	1):()	6413	7218	GOt
Air compreme	Supin					Arches 1 6	68 j., 5*** 62 j., 7***4		1 [
	Line			:		21-25 juillet					
	á saldo										
	;			!			1	!			
				1		1	i	į			
44				į							
89				:		ì		1			
				•			1	:			
· a						:					
Between											
urmé de énels. Sur julistes							:				
4							ŧ				
Argele forme											
The second second					T						
ą×.											
63 8 a							Δ				
Helia urac de mils,				÷	•						
our polistes	,		;	;	4 P. P. P. P. P. P. P. P. P. P. P. P. P.						
		i	t. F		1	1	1	1			

^{2.} Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Lome III, p. 111, n° 7 — A = 3. S_p = Longueur (tol. 2) % Largeur entre parapets (tol. 4) . C'est la surface offerte à la circulation 4. W = Surface vine de l'élévation : Largeur entre parapets. 5. W = Surface de l'élévation au-dessus des foudations % Largeur entre parapets. Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — R.

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

					PROJ	ET		
PONT	EN	SEMBLE		(GRANDI	ES VOÛTES	errandore, como esta esta esta esta esta esta esta esta	
Date	Longueur entre abouts des	entre parapets		ÉPAIS	SEURS	MATÉRIAUX	PRESSIONS	The state of the s
Symbole	Déclivités Hauteur	entre tympans sous to plinthe Fruit	Montde	CORPS	TÊTES (Clef	Mortier Poids,	en kg ()m()12 // Hypothèse	TYMPANS
En quoi consiste l'ouvrage	niaxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Revanche de la chaussée	Surbaissement Rayon	Clef Retambées	Retom-	pour Ime de sable, de chaux ou de ciment	adoptée Surchurges supposées	DÉCORATION DESTÊTES
11	5	3	4		a	7	я	£)
Schweich	309115	j 7 ^m 00	Arc d'anse de panier à 3 centres	\ 1 ,"00		Béton	Pression avec strelinge :	to voines
Allemagne 1905–1906	0	\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	46 ^m (00	1"30		Ciment 1*	MAX. moy. 	transversales vues, empleincintre,
$\mathbf{\bar{A}}^{n} r^{te} (\geqslant 40^{m})^{7}$.	au-dessus des voûtes de 40 ^m	Pas de fruit	$\begin{pmatrix} 6^m & 17 \\ \frac{1}{7,455} & 0.134 \end{pmatrix}$, , ,,,,,		Sublede la Moselle 287 Gravier dela Moselle - 58	Reton 325 8 195 3	de 2m, en béton armé, sur piles
15 voutes en arc ; 3 de 16m, 3 de 10m (RD),	15 ^m	()m3()	60m 00				ияв mq et Rouleau à vapeur	de 0∞70 & (∞30 2•
9 de 10 à 15m (RG).	(lit)		31m95				de 241	*1
. d'	.165m	/ 4m	Arc de projection			Bandeaux : PT *		
Avignon		10,00	de chaînette reullé par rapport à l'arc de cer le	105	1."05	pour de 1.000 Douelle et	Pression maxima	Pu» Pu» Pévidements
France	Dos d'âne Déclivités		de omany à 70 n/n de la 1 a portée à partir de la clef	1 1 277	Im 237	Quemage: MAV ¹ Jonas de 25 a 3500	t let - 11°5. Retonlors - 17°52.	Reinflussage
1905–1909	maxima: 6 ^{mm} 3 (R1)) 13 ^{mm} (RG)	Pas de fruit	40, 00 5" 00			Calcaire de Ruoms	Are élastique	
$\mathbf{\hat{A}^n} r^{te} (\gg 40)^m)^8$		1	$\frac{1}{8} = 0.125$			Ciment maxetime Pavin de Lietarye Buts		+ 34; 6m 14
10 voules de 40m,	12 m 87 (étiage)	()m() { ₁	53m 90 26m 07			Mortier fuit à la mun	į	
de .	20811				Property	entropy and		
Trittenheim		ς 6, 50	Arc d'anse de panier à 3 centres	1.00		Béton	Pressent nver surcharge nve mas	19 To vontes
Allemagne 1907–1908	30 ^{mm} 10 ^{mm}	(Gm 10	46,00	1":30		ament 18 - aldedela Moseffe 285	Che gas ,	transversiles vins, apleincintre,
$\mathbf{\bar{\bar{A}}}^{\mathbf{n}} \mathbf{r}^{\mathrm{te}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{(1)}$		Pas de fruit	$\frac{6^{m}}{7,155} = 0.131$	-	(de la Mosette D ^y	tions with a district	de 2m, en bétanneme.
4 voites en arc : 3 de 16m,	19ա	0::35	56m 00 33m 55	1 1 1		; 1	de 218	-J.q. ↔

^{1. -} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, page II, nº 6,

ARCS TRĖS SURBAISSĖS

SÉRIE An Pie (1994)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

eggentige general engagen general en en en en en en en en en en en en en			EXECUT	CON				GUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER
FONDATIONS		industria-	GRAN	DES V	OÙTES		* The formers and approximately at	O
ature du sol		CINTR	the state of the s		MODE	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS	DÉPENSE
	Type Mutière Appareils de decintrement y	MES Nombre Epaisseur Feartement d'axe en axe Surhaussement		fer	CONSTRUCTION	Etat d'avancement du pont Temps entre le dernier clarage et le décintrement Date 16	sur cintre t _c au décin- t' _v trement uprès t''	Totaux et par unité de surface utile Sp* de volume * utile * W *
Racher	Arche contrale : Retroussé sur 16°	7 20.2	Cintre mari Picas 3777 Lagrant 4677	nier :	A pleine épaisseur		t e ()() ^{mn} (arche centrale)	$egin{array}{ccccc} Q & & & & & & & & & & & & & & & & & & $
Prosion maxima : 8kG	Autres nucles : Fixes	[1115mm	Place sup 160" Place lage 16" 2500 m	O*** 87	Tranches do 1950 de largeur		t' _v 20mn environ	Fon-dations Fib Fib Semble
Gulée RG et Piles 1 et 5 Marne -[3m10A-15m0] Piles 2, 3, 4 Gravier -[3m87å-16m3]	Fixes	\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	Moyenne desi 230** 1657 f*	5cintres: (}*** (})	A ploino épaisseur 9 clavages.	Voides nues Voides nues Voides nues Voides nues de de in 1 000 729 j 20 11 2 / 13 20-11	noyenie des a teles : pos	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
Piles 6 å 9 et Culeo RD Rocher calcare -14003 å -60 Pression unxium 1243	Houtes a salde		16808 ^r	4817		3 100 16-15 16-1	6 2 6 3 8 1 6 11 8 11 8 16 8	D: S _p 146°5 219°2 365°7 D: XV 13°0 20°2 33°2 D: Q " " 68°9
Air compriss	Arche	· 6			A pleine épaisseur			Q 1920 ^{no} Q : S _p 3 ^{no} 63
AN AN	dentrale : Hetropser sur be	1 20 %	1		Tranches do (#50)		t; 12mm à 15m	Q: W 0 0 27
Parentees. Fig.	Autres	[1115mm	**	1	de largeur			D: S _p = 51°6 158°3 200°
en en en en en en en en en en en en en e	1.1000	•	*					$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$

Pour de valeul de la réglace de douville, voir Avertissement, Tour III, p. III, n° 7 = A. 3. Sp. Longueur (col. 2) s'. Largeur entre parapets (col. 4). C'ext la surface offeite à la riculation (col. 2) s'. Largeur entre parapets (col. 3) s'. Largeur entre parapets (col. 4). C'ext la surface offeite à la riculation (col. 2) s'. Largeur entre parapets (col. 3) s'. Largeur entre parapets (col. 4). C'ext la surface offeite à la riculation (col. 3) s'. Largeur entre parapets (col. 4). C'ext la surface offeite à la riculation (col. 3) s'. Largeur entre parapets (col. 4). C'ext la surface offeite à la riculation (col. 3) s'. Largeur entre parapets (col. 4). C'ext la surface offeite à la riculation (col. 3) s'. Largeur entre parapets (col. 4). C'ext la surface offeite à la riculation (col. 3) s'. Largeur entre parapets (col. 4). C'ext la surface offeite à la riculation (col. 3) s'. Largeur entre parapets (col. 4). C'ext la surface offeite à la riculation (

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

					PROJE	ET	,	
PONT	ENS	SEMBLE		(GRANDE	S VOÙTES		1°
Date Symbole En quoi consiste l'ourrage	Longueur entre abouts des parapets Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	entre parapets entre tympans sous la plinthe Fruit des tympans Revanche de la chaussée		EPAISS CORPS Clef Retombées	TÊTES (Clef.	MATÉRIAUX Mortier Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment	PRESSIONS en kg/0m01² Hypothèse adoptée Surcharges supposées	ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° DÉCORATION DES TÉTES
_		,	Voi	ûte de 46°	n			
Longuich	248**	$\begin{cases} 4^m 60 \\ 4^m 10 \end{cases}$	Arc de cercle	1^m 05	(1, ^m 05	Béton Ciment	»	1º Piliers
Allemagne 1909–1911	Dos d'âne Déclivité		$\begin{cases} 6^{m} 17 \\ \frac{1}{7,455} = 0,134 \\ 45^{m} 95 \end{cases}$	1 ^m 20	1 ^m 20	gravier 8°	Courbes de pression avec points de passage arbitrairement	en béton armé de 40°° × 40°°, portant une plate-forme
A ⁿ r ^{te} (≥ 40 ^m)10	maxima:	Pas de fruit	Voû Arc de cercle (43, 00	tes de 43°	, (0, 95		choisis 500½/mq et	armée, 2º
4 voûtes en are : une de 46m, 2 de 43m, une de 34m.	13 ^m 20	()¤35	$ \begin{array}{c} 5^{m} 34 \\ \frac{1}{8,052} = 0,124 \\ 45^{m} 95 \end{array} $	1,10	1 ^m 10		Rouleau à vapeur de 247))

^{1. —} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, n^{α} 6.

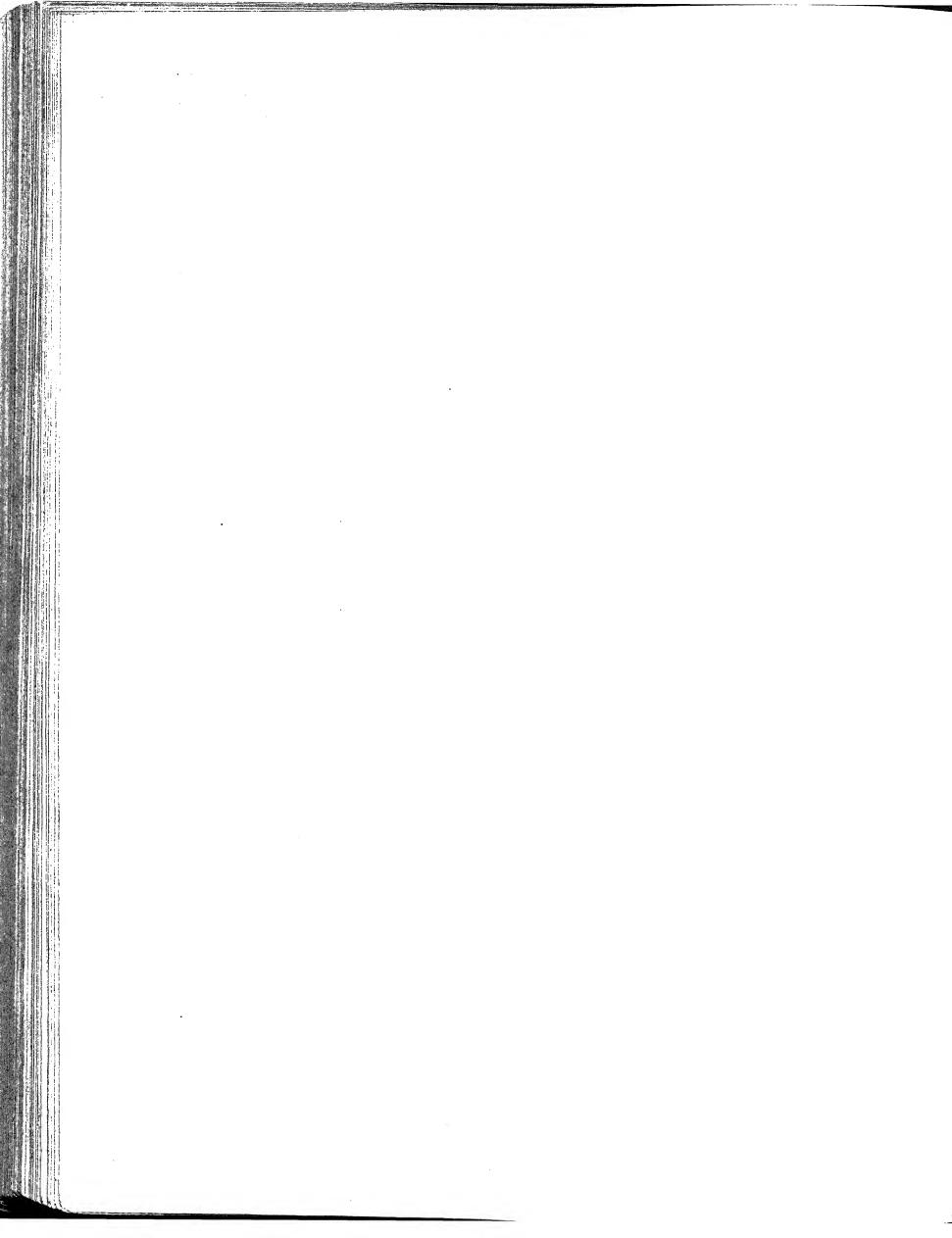
ARCS TRES SURBAISSÉS

SÉRIE An Pte (>-40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

pares pares de la companya del companya de la companya del companya de la company	, signific					TA	BLEAU S	SYNOPTIC	UE (Suite	e)	
EXECUTION								CUBE D	E MAÇONN	ERIE	
FONDATIONS		···	·	A	MORTIER						
Nature du sol		CINTI	RES	har h					Q_{-}		
Profondeur sous l'étinge	FERMES Cube de hois				MODE	DECINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEE	DEPENSE			
Pressions sur le sol	Type	Nombre	Poids of Dispor		nk	Eint Payancement du Pont	sur cintre t	D			
on kg 0m012	Matière Appareds de	Epaisseur Ecartement Tuxe en uxe		par mq	CONSTRUCTION	1	nu décin-	Totaux			
Procédě	décintrement	Nuxo en axe Surhaussement	Totaux	do donolle	www.modifon	Temps entre le dernier clarage et le décintrement	trement to	1	par unité $\begin{cases} de & \text{surface utile } S_p^{-n} \\ de & \text{volume * ntile * W} \end{cases}$		
10	} 11 	19	li ii	11 11	15	Date 16	17	far ante	le volume « ntl IX	le» W4.	
		Voite di	16"	ĺ						-te causes	
Rocher	Retrupañ	. 5			A pleine	Plate-forme	Voitte de 46m	0	AN AN PARIS		
	aur #u	215	Book 15(1)	() ^{mc} 7G	épaissour.	construite		Q ·	3230		
	Postre metallique	(1m (H)	Poutre métallogue 2()† Boulous 11:				t , 4() ^{mm}	Q:5	$S_{ m p} \sim 2$ mr.83 - $V \sim 0$ mr.31 -		
**	nter la france Martielére		Crambons !}		Tranches						
	Coins	[Mpmm	Metal 23	1164	isolècs.	u	t, 20mm	For datic		En~ {	
h	18 ×	- m	l. I						Attiliti	semme	
		Voiites de	· 13m						6641283364	1888021	
	Fixe	(5	Bois 150mc	One 82		là septembre		1 - 1	11 11214		
Épuisements dans des	Montants et	200	1,1,1	نس ۱		to schrentite		13 4 43	1215	1814	
batardenn,r	contreliches	tlm (H)	Crampons 31	1 Gr				D : Q ") »	5877	
	Canten	1:311mm				Ì					
			,	,	; !						
			!								
			•				İ				
•			:								
			į								
· ·			<u> </u>								
To the second se			2 2 1			i					
		,	!			:	į				
5							1				
				-							
		ļ				6					
	3	B y c diggrante									
		Case									
**************************************										÷	
Pile Translation	Reproved the second										
	1	I	ł	ł	1	1					

Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, Lone III, p. III, nº 7 → A. 3. S_p ≈ Longueur (col. 2) ≥ Largeur entre parapets (col. 0) = C'est la surface offerte à la circulation.
 W ≈ Surface sur de l'élévation ∀ Largeur entre parapets.
 g. W' ≈ Surface de l'élévation au-dessus des fondations ∀ Largeur entre parapets.
 Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, nº 7 → B.



VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISSÉ PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

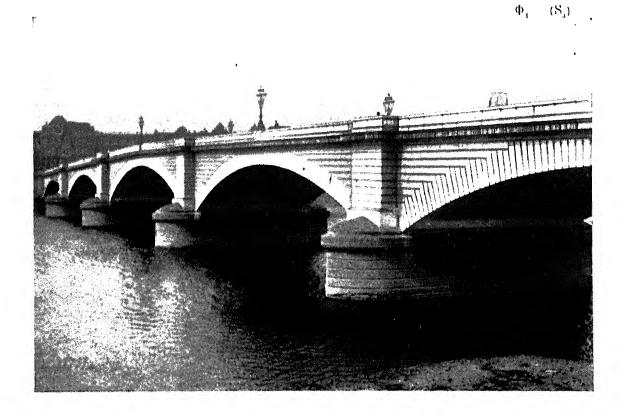
SÉRIE An rto (>40m)

MONOGRAPHIES

PONT DE PUTNEY SUR LA TAMISE (ANGLETERRE)

1882-1883

 $\mathbf{A}^{\mathbf{n}} \mathbf{P}^{\text{te}} = 40^{m_1}1$



1. Quelques dispositions. — Les tympans (parements en granit et corps en briques) sont élégis par 7 murs longitudinaux en briques, portant une file de dalles, puis une plate-forme continue de dalles (S_4) (f_4, f_4) .

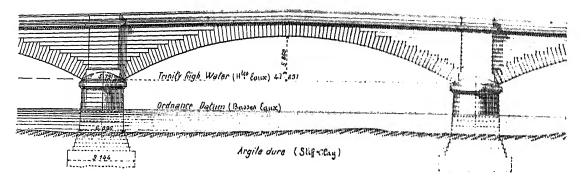
Sous chaque trottoir passent 3 tuyaux en fonte : deux de 0\mathbb{m}61, un de 0\mathbb{m}30. La haute mer noye les piles jusqu'au chaperon $(S_4)^2$.

- 1. Il relie Fulham (rive gauche) à Putney (rive droite), en amont et près de Londres.
- 2. Voir la photographie du pont à marée haute (S2, p. 626).

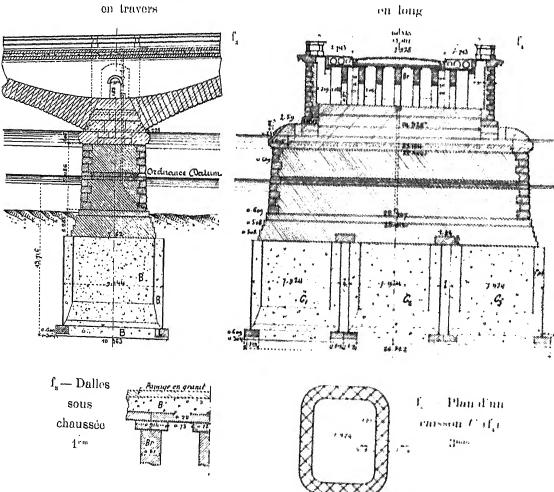
 f_i — Ensemble — $0^{mm}5$



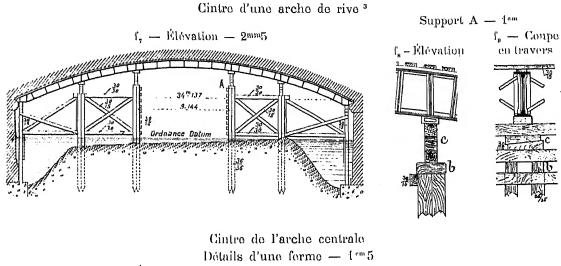
 $f_a - Archo contralo - 2^{min}$

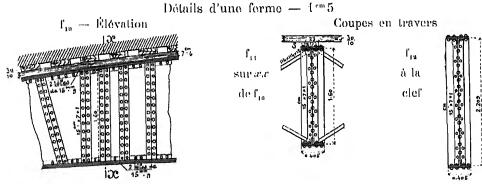


Coupes d'une pile de l'arche centrale - 3^{mi}



2. Cintres $(f_{\tau} \land f_{\iota s})$. — Les fermes en tôle portent sur pieux de $36^{cm}/36^{cm}$ par des billots b, puis par des coins c (f_{s}, f_{s}) , qui ont servi à mettre les fermes de niveau, puis à décintrer (S_{1}, S_{s}) .





Le cintre de l'arche centrale laissait une passe libre de 46"76 de largeur avec 3"66 de revanche au-dessus de la haute mer (S_i) .

Aux autres arches, la passe avait 9^m14 de largeur, 3^m35 de revanche (S₂).

La semelle supérieure de chaque ferme portait une fourrure en bois s (f_n), sur laquelle on cloua un platelage non jointif (f_m , f_n).

On a chargé lourdement les cintres, pour prévenir leur tassement sous le poids des voûtes (S₃).

3. Fondations. — A. – Piles. — Les piles et culées sont fondées dans l'argile dure 4 (S_a). Chaque pile (f_a) repose sur trois caissons rectangulaires en fer C_1 , C_2 , C_3 , à deux parois, dont l'intervalle a été rempli de béton au fur et à mesure de la descente (S_a).

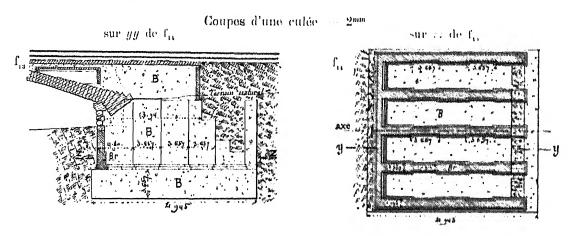
 $^{3. -} S_i$ ne donne pas le dessin d'ensemble du cintre de l'arche centrale, seulement celui d'une arche de rive, mais spécifie qu'ils sont, pour les 5 arches, du même type.

^{4. -- «}Stiff clay ».

On descendit ces caissons dans l'argile, en les guidant par des files de pieux. On déblaya à l'intérieur, puis, sur 0^m91 de profondeur au-dessous des couteaux et 0^m61 de largeur en dehors. Au fond, on étala d'abord une couche de béton de 0^m30, et, sur ce béton et sous les couteaux, une file de libages de 0^m61 d'épaisseur (S₂).

On remplit ensuite de béton l'intérieur des caissons, par couches de 0°30 (S_i), et on recouvrit l'intervalle de 0°91 qui les sépare, de dalles de 1°83 × 0°91 × 0°91 (S_i).

B. - Culées. — Les culées sont fondées dans des batardeaux à deux enceintes de pieux et palplanches (S_4) .



Leurs murs sont en briques avec parements en granit; le noyau est en béton dans des cloisons de briques (S_p, S_t) . Tout est à mortier de ciment (S_t) .

4. Exécution des voûtes. — Les voussoirs avaient au moins 1^{m22} de longueur suivant les génératrices de douelle, avec découpe de 46^{rm} (S_i) : on les posait sur deux bandes de plomb de 5^{mm} d'épaisseur et 5^{rm} de largeur, disposées suivant toute la hauteur du joint, à 15^{rm} des arêtes (S_i).

Lorsqu'une assise était posée, on remplissait les joints de mortier de ciment de Portland (S₁).

5. Personnel.

Ingénieurs (Projet : Sir J. W. Bazalgette.

Exécution : M. Edw. Bazalgette (S_i).

Entrepreneur : M. John Waddell, d'Edimbourg.

SOURCES:

 S_i — Engineering, 23 juillet 1886, p. 85 et 86, a Hridge over the Thames at Putney : a Details of centering κ

S_s. — Engineering, 47 mai 1895, p. 624 à 626 ; * Thames Headyes — Putney Rend « Bridge ».

Ce qui n'est pas spécifié Sa est de Sa

S_a. — Ce que j'ai vu — juin 1903.

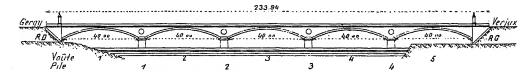
PONT BOUCICAUT 1 SUR LA SAÔNE, A VERJUX 2 (SAÔNE-ET-LOIRE)

Chemin d'intérêt commun

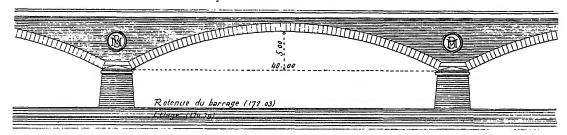
1888-1890

$$\widehat{\mathbf{A}}^{\mathbf{n}} \mathbf{r}^{\mathrm{te}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^2$$

f. - Ensemble, aval - 0mm5



f_a — Une arche — 2^{mm}



1. Tracé de l'intrados. — L'intrados est défini par l'équation :

$$y = \frac{b}{2I} \left[\begin{array}{ccc} \frac{a}{a} & -\frac{a}{a} \\ \omega & + \omega & -2 \end{array} \right]$$

dans laquelle

$$a (1/2 \text{ portée}) = 20^{\text{m}}$$

$$b \text{ (montée)} = 5^{m}$$

$$r = 2,484138$$

$$\omega = 6,821685$$
 4

On vérifie que l'intrados peut s'écrire ainsi :

$$y = 1,006486 \left[e^{\frac{a^2}{10,41608}} + e^{-\frac{a^2}{10,41608}} - 2 \right]$$

1. - Construit aux frais de M. Marguerite Boucicaut, propriétaire des Magasins du Bon Marché,

2. - entre Gergy et Verjux, à 16km en amont de Chalon-sur-Saône.

3. — C'est une projection de chaînette. Soient en effet :

$$\omega^{\frac{x}{n}} = e^{\frac{x}{m}} \quad \text{et } \frac{b}{2r} = K \times \frac{m}{2}$$

$$y = K \frac{m}{2} \left[e^{\frac{x}{m}} + e^{-\frac{x}{m}} - 2 \right] = KY^{n}$$

l'équation devient : $y = K \frac{m}{2} \left[e^{\frac{x}{m}} + e^{-\frac{x}{m}} - 2 \right] = KY'$ Y' étant une chaînette de paramètre m.
Gauthey a profilé en chaînette le cerveau des voûtes, ou au moins de l'une des 5 voûtes du pont de Navilly sur le Doubs (1782-1790).

Cet emploi de la chaînette, ensuite abandonné et perdu, a été retrouvé et repris un siècle après, à 18th environ de Navilly, par un arrière-successeur de Gauthey. (Annales des Ponts et Chaussées, 1904, 3c trimestre: M. de Dartein: « La vie et les travaux d'Emiland Gauthey », p. 115 et 116).

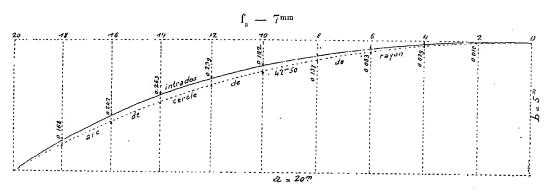
4. — On trouvera plus loin, dans ce Tome III, Livre II, comment ont été déterminés r et ω.

La chaînette proprement dite, - courbe d'un fil pesant, - de mêmes termes en e est :

$$Y = \frac{10,41608}{2} \left[e^{\frac{x}{10,41608}} + e^{-\frac{x}{10,41608}} - 2 \right]$$

Ses ordonnées sont contractées dans le rapport $\frac{5,20804}{1,006486}$

2. Renslement de l'intrados par rapport à l'arc de cercle de même portée et même montée.



Abscisses comptées à partir du sommet de l'arc	2m	dm d]	1
Ordonnées de l'arc de cercle de	-	1	6 ^m	8m	10 ^m	12 ^m	14 ^m	16 ^m	18 ^m	20 ^m	
même portée et même montée. Ordonnées de l'intrados	0,047 0,037	0,150	0,343	0,623	1,001	1,490	2,109	2,880	3,832	5,000 5,000	
Disserences (renstement)	0,010	0,039	0,083	0,137	0,192	0,239	0,263	0,247	0,168	0,000	

L'écart maximum est de 0^m263 à 14^m de la clef (70/100 de la demi-portée). L'arc de cercle a 42^m50 de rayon. L'intrados adopté a un rayon de 53^m90 à la clef, de 26^m07 aux naissances : il retombe moins durement sur les piles.

3. Extrados. — « L'arc d'extrados a ses ordonnées, par rapport à « l'horizontale tangente au sommet, proportionnelles à celles de l'arc d'intrados, « et dans le rapport (S_i) :

$$\frac{y'}{y} = 0,919668$$

- 4. Pourquoi on a adopté des voûtes en projection de chaînette.

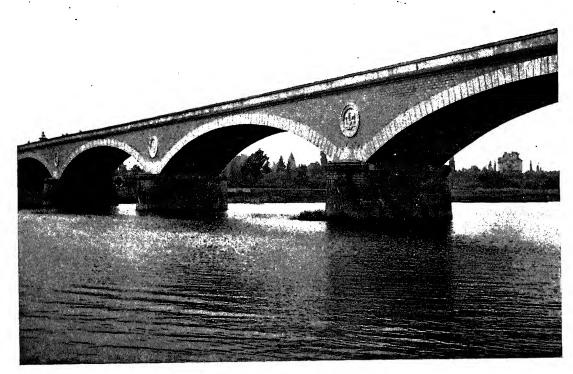
 M. Tourtay ⁵ les justifie ainsi ⁶:
- « 1° On peut y tracer une courbe de pression qui passe à très peu près par les « milieux de tous les joints.....

5. - La méthode de M. Tourtay est exposée plus loin dans ce Tome III, Livre II.

6. - Exposition, Paris, 1900. - Notices, Travaux Publics, p. 27 et 28.

« 2º Cette courbe de pression moyenne ne sera pas, en général, réalisée avec les « procédés habituels de clavage et de décintrement; mais les autres courbes de pression « qu'on peut tracer, par exemple celle qui passe par le tiers supérieur du joint de clef et « par le tiers inférieur du joint de naissance, restent... dans la région moyenne de « la voûte. Dans la voûte en arc de cercle, au contraire, la courbe de pression se « rapproche plus ou moins de l'extrados vers les reins...

 Φ . (S_a)



5. Pourquoi on a réduit l'épaisseur de la voûte. — « L'épaisseur « des voûtes... (1^m05 à la clef, 1^m24 aux naissances) est sensiblement plus faible que « velle adoptée pour les grandes arches de dimensions comparables... Dans les « grandes arches surbaissées, on ne réduit pas sensiblement les pressions en « augmentant l'épaisseur au-delà d'une certaine limite...

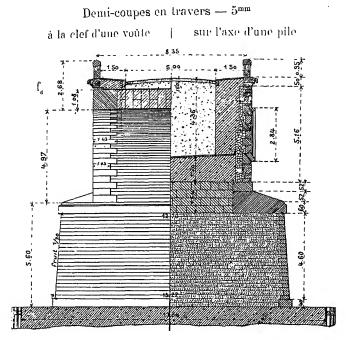
« Ainsi la pression moyenne calculée à la clef, qui est de 19^k 9 par centimètre « carré avec l'épaisseur de 1^m05 adoptée, serait de 17^k 3 avec une épaisseur ac 1^m50 « et de 15^k 8 avec une épaisseur de 2^m ».

6. Appareil des voûtes.

f_s — Corps

1 cm 5

T. III — 33.



7. Tympans. — Pour une hauteur maxima de plus de 5^m, ils ont seulement 0^m80 à la base, 0^m60 au sommet (f₀). Ils sont doublés par un mur en béton maigre (100^k de chaux hydraulique pour 1^{me} de gravier).

L'intervalle entre les tympans est rempli de gravier : il n'est pas élégi.

Au projet de M. Tourtay, on a ajouté: dans les tympans, des médaillons portant le monogramme M. B, — ils sont petits et plats; — aux extrémités, de maigres obélisques (S₃).

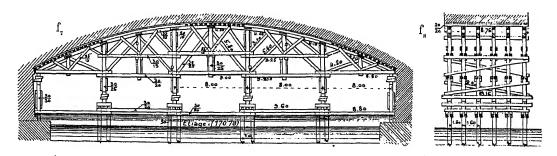
8. Couronnement. — Le parapet en pierre de taille semble un peu lourd.

Comme à d'autres ponts en arcs très surbaissés, on y observe (mai et septembre 1909) des bosses sur les piles, des creux aux clefs des voûtes.

On regrette que ce grand pont n'ait pas un léger dos d'âne.

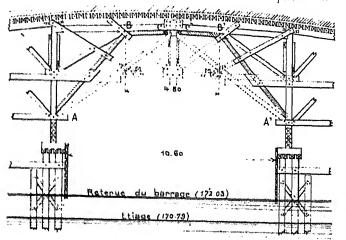
9. Cintres.

Cintre courant — 2mm5



La voûte extrême]rive droite avait un cintre marinier, avec passe de 10^m60 (f₀). Pour satisfaire le Service de la Navigation, on dut plus tard agrandir cette passe, sous la voûte fermée (S₀).

 $f_{\scriptscriptstyle \rm u}$ - Cintre marinier. - Agrandissement de la passe - $5^{\scriptscriptstyle \rm cm}$



Au dessin f, on a indiqué par des lignes ponctuées les pièces supprimées, par des hachures les pièces ajoutées AB, A'B', qu'on a serrées par les coins cc'.

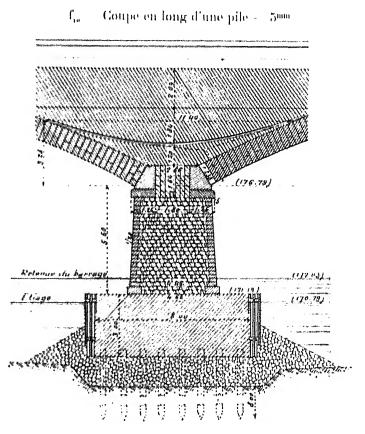
Cette opération n'a provoqué aucun tassement (S_s).

La voûte tassa plus tard de 44^{mm} au décintrement.

40. Fondations. - A. Piles. A l'emplacement de chaque massif, on a dragué, puis battu 136 pieux en sapin de 0º35, au

mouton à vapeur Lacour de 1200°, tombant de 1º en moyenne, c'est-à-dire avec mouton fourd et petite chute 7 .

On arrêtait le battage, soit quand la fiche sous le fond dragué atteignait



8^m, soit quand le refus était de 4^{mm} seulement par volée de 10 coups avec 1^m de chute.

On a ensuite immergé entre les pieux des enrochements (f_m) sur une hauteur de 2^m à la pile 4, 1^m50 à la pile 2, 1^m à la pile 3. Il n'y en a pas sous la pile 4.

Les pieux furent recépés à 0°50 au-dessus des enrochements; puis on échoua sur eux un caisson sans fond de 17° de long, 8° de large, 4°20 de hauteur, dont le bordage était calfaté à sa partie supérieure sur 0°60,

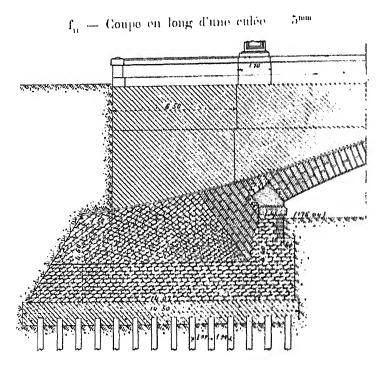
Dedans, on immergea du béton par couches d'au moins 40°, au moyen d'un tube en planches à débit continu , de 0°40 de côté.

^{7.} Sur 4179 pieux, on n'en a cassé que 2. Dans un battage d'essai, on en avait cassé 3 sur 7 avec un monton de 600 tombant de 5720.

^{8 -} Annales des Ponts et Chaussées, 1885, I, p. 776 à 780; « Note sur un procédé simple pour couler » le betou sous Peau », M. H. Hende, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

On coula à chaque pile 400 m de béton (70 m à 80 m par jour).

B. Culées.



44. Exécution des voûtes. — Elles ont été construites à pleine épaisseur en 6 tronçons menés de front : aux naissances, sur coffrages ; plus hant, sur taquets au sommet des poteaux du cintre.

On clava à partir de la clef.

Au moment où on allait claver la voûte 2 (f_i), les têtes des palées supportant le cintre, qui n'avaient peut-être pas été battues bien verticalement, se déplacérent dans le sens longitudinal, de la pile 1 vers la pile 2, sous les fermes qui, au-dessus des coins, n'avaient pas bougé. Le déplacement atteignit 11 ° à la ferme aval.

On étrésillonna les palées entre elles et sur les piles.

Au cintre de la voûte 4, l'ensemble des pieux commençant à se déplacer transversalement, on battit, à quelques mêtres de chaque palée en mouvement, un pieu vers la base duquel on appuya une contrefiche coincée à la partie supérieure de la palée.

- 42. Décintrement. On dégageait, au moyen de deux vêrms, chaque paire de coins en chêne supportant les montants verticaux; 1 % de tour de vérm produisait un abaissement de 2^{mm} (48 vérins par voûte).
- A. Voûte 1 (sur cintre marinier). Pour satisfaire le Service de la Navigation, alors que les voûtes 1 et 2 étaient seules chargées, les 3 autres étant termées

sur cintre, — mais non chargées, — on décintra la voûte 1. Elle n'était pas assez contre-butée et tassa de 44^{mm} , « abaissement... anormal » (S_i) .

Quelques voussoirs de tête, aux naissances, furent légèrement épaufrés à l'intrados.

B. Voûtes 2 à 5. — « Les 1 autres voûtes ont été décintrées ultérieurement « ensemble,... le pont... complètement chargé jusqu'au niveau de l'extrados...

« On a d'abord desserré les coins aux voûtes n° 2, 3, 4 et 5, en y portant succes-« sivement les verrins ; on a alors décintré la voûte n° 5 complètement, au moyen « des verrins. Pour les autres voûtes n° 2, 3 et 4, les coins étaient suffisamment « desserrés pour qu'on pût, en les frappant à petits coups sans attendre qu'ils se « resserrassent, mener simultanément ou à très peu près, le décintrement des trois « voûtes (8,),

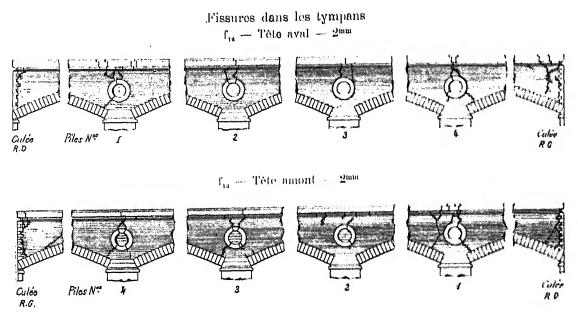
	13. Mouvements observés.	ng d	2		3	•-	4		.5	
	Piles N	ال م	1][2)][]	•	11		Culée R 0
1)	ate du decnier clavage	•	10 oct. 1880		10 110V. 1880		2 déc. 1889		30 mars 1890	
N	ombre de jours sur cintre		229 1		207 1		1851		(57.1	
	$\begin{array}{c c} & \text{totaux (des clefs des voules} \\ \text{au décintrement} & T_0, \dots, \\ \text{(5 juin 1890)} & \text{Piles seules : } \mathbf{t}_p^n, \dots \\ \hline Tympous montés \\ \text{au accour des extendas.} & \text{partiels} & \text{Voutes seules :} \\ \mathbf{t}_p^n - \mathbf{T}_0 = \mathbf{t}_p^n + \mathbf{t}_p^n \\ \end{array}$	·	1	5	18*** 1:3	 5	11 **** (;	5	14 ‴™	O
Bearing and with the same	augmentation de tasse- totaux (des clefs des voûtes	. 5		5	22	3	20	4	31	0
Town.	there is the circulation to 21 anit 1890. $ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		15		18		16		20	
	totaux (des clefs des voûtes $T = T_n + \Delta T \dots$ $ \text{Piles seules :} $ $ \textbf{t}_n = \textbf{t}_n^n + \Delta \textbf{t}_n \dots $		33	10	40	×	31	9	45	0
i	$\begin{array}{c} \text{le 11 octobre 1890.} \\ \text{partiels} \\ \text{Voutes seules:} \\ \textbf{t}_{v} = \textbf{t}_{v}^{n} + \Delta \textbf{t}_{p} + \dots \\ \textbf{t}_{v} = \textbf{t}_{v}^{n} + \Delta \textbf{t}_{v} = \textbf{T}. \end{array}$	1	23		31		22	-	10	

9 - S_D Note additionnelle, p. 377, 478. -- Dans sa note ; « Détermination des pressions réelles dans » les contes surhuissees en forme de chainette » (Annales des Ponts et Chaussées, 1888. -- 1, p. 565 à 636). M. Fouriny trouvait un fassement de 16 ·- ou 27 ·- avec un coefficient d'élasticité de 1 × 10 ° ou 0.6 × 10 ° 40. -- Les chiffres gras sont les tassements mesurés.

250

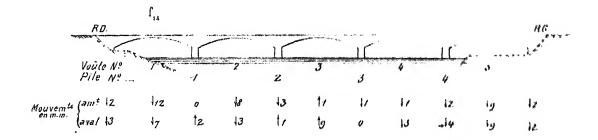
A partir du 11 octobre 1890, les voûtes tassèrent encore de 6 à $8^{\rm mm}$, probablement sous l'influence de la température. Le 13 mai 1891, elles étaient revenues à la position du 11 octobre 1890 11.

En mai 1909, on observait dans les tympans, au droit des piles, de minces fissures $^{12}\left(f_{12},\ f_{13}\right)$ comme dans presque tous les ponts en arc très surbaissé.



Aucune de ces fentes ne se continue dans les voîtes.

Voici les mouvements au-dessus des clefs et des appuis, entre le 28 mai et le 14 décembre 1909 ¹² : (abaissements ↓, relèvements ∤)



44. Personnel.

Ingénieurs:

Projet: M. Tourtay, Ingénieur des Ponts et Chaussées;

Exécution: M. Jozon, Ingénieur en chef;

M. Tourtay, Ingénieur ordinaire.

Entrepreneur: M. Bruno.

11. - S₁. Note additionnelle, p. 477.

12. - Observations de M. Bouteloup, Ingénieur des Ponts et Chaussien, a Chalon sur Saine

SOURCES:

 $S_i,\,\,-$ Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1892, p. 445 à 497, Pl. 29 ; « Notice sur la « construction du Pont Boucieaut », M. Tourtay.

 $\mathbf{S}_{s},$ — Renseignements qu'a bien voulu me communiquer M. Tourtay.

 $\mathbf{S}_{\mathbf{a}^{*}} = \mathbf{Ce}$ que j'ai vu \sim mai 1909,

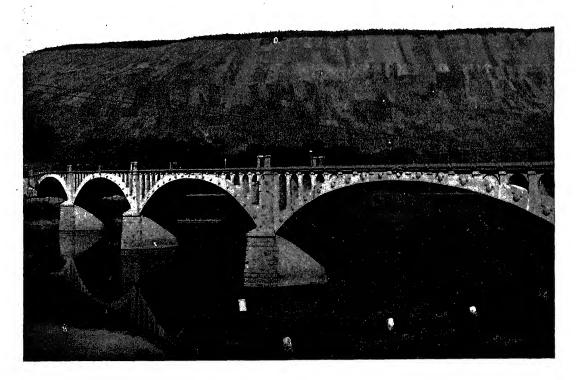
Tout ce qui n'est pas spécifié d'une autre source est de $\mathbf{S}_{i}.$

PONT SUR LA MOSELLE, A MEHRING (ALLEMAGNE, - Prusse-Rhénane) Route du village à la station ¹

1903-1904

 $\widehat{{\pmb A}}^{\bf n} r^{\text{te}} (\geqslant 40^{m})^3$

 Φ_1 — amont (S_2)



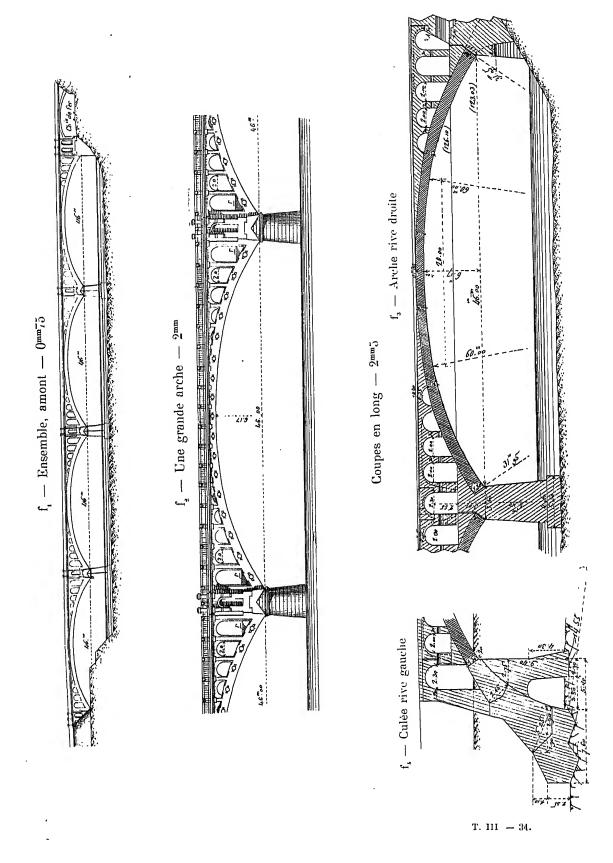
1. Matériaux. — Sauf les parements des avant-becs, qui sont en granit, tout est en béton, même les trottoirs et leurs bordures.

Sur les arrière-becs, on a dessiné des assises.

Pour l'aspect, on peut critiquer les dièdres de béton des retombées (r de f_{*}).

2. Cintre marinier. $f_{\mathfrak{s}} = \text{Elévation}$ $\sup_{\mathfrak{S}} xx \text{ de } f_{\mathfrak{s}}$

1. — Chemin de fer d'intérêt local de Trèves à Bullay (Moseltalbahn), à 17*4 de Trèves. — Le pont est à 100m en amont de la station.



voûtes inarticulées — série $\bar{\mathbf{A}}^{\mathbf{n}}$ \mathbf{r}^{te} (\geqslant 40m) — monographies

3. Dates.

Commencement des travaux			
Achèvement des piles		ı ju	11166 1904
i		1 er - 6)
(1 1 A) (1 1 vive durite à la vive granaba))	$7 \stackrel{.}{-} 12$	/ . sout 1904
Grandes voutes (de la rive droite à la rive gauche)		18 - 23	1
Grandes voûtes (de la rive droite à la rive gauche)		13 - 20)
Décintrement		8 octo	obre 1904
Ouverture à la circulation		1ºr jar	rvier 1905

4. Personnel. — Projet et Entreprise : M.M. B. Liebold et Cie, d'Holzminden.

 $Direction\ des\ Travaux$: M. Treplin, « Baurat » å Trèves.

SOURCES:

 S_i . — Dessins d'exécution (S_i) et renseignements (S_i), gracieusement communiqués par M. B. Liebold, en octobre 1910.

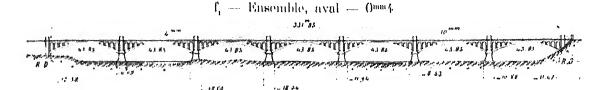
 $S_{\underline{a}}$. — Ce que j'ai vu — septembre 1910.

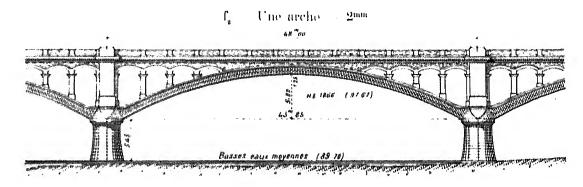
PONT SUR LA LOIRE, A ORLÉANS 1 (LOIRET)

Route nationale nº 152 de Briare à Angers

1904-1906

An rio (>>40m)4





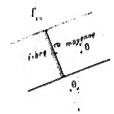
1. Déclivités. — A partir du milieu du pont, la chaussée est en pente de 10^{mm} vers la première voûte rive gauche, de 4^{mm} vers la culée rive droite; ces deux pentes sont raccordées par une parabole de 48^{m} de corde (S_1, S_2) .

Les 7 arches ont la même portée et la même montée (S_i) .

Les missances de deux arches voisines sont à des niveaux différents : les piles ont des hanteurs inégales (S_i) .

2. Intrados. — Par rapport à l'arc de cercle de même portée et de même montée, l'intrados est cambré suivant une projection de chaînette ², comme l'indique ce tableau (S',) :

Alescisses à partir du sommet	11#836	13**803	15m 700	17m 720	19# 682
Ordonnées de l'arc de cercle	pro la la conseguencia de la composición de la conseguencia de la cons	- It was specifically held	2,808 2,771	2 =	4,608 4,527
Differences	0m 10 l	Om 121	()m 127	0# 115	()m()X[



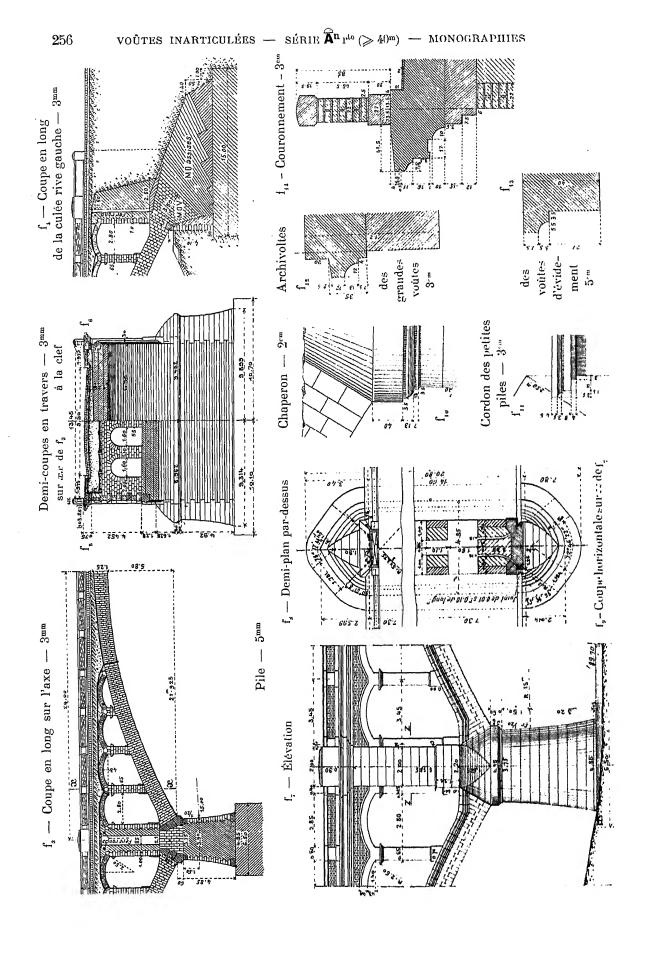
3. Epaisseur de la voûte. — L'épaisseur e de la voûte au point où la fibre moyenne est inclinée de θ sur l'horizon (f_p) est $\frac{e_a}{\cos s}$.

La pression moyenne par unité est ainsi à peu près constante dans la voûte $^{\rm a}.$

1. an droit du Boulevard des Princes.

2 appelee « catemide » par l'auteur du projet (Annales des Ponts et Chaussées, » 1900, » 4º trimestre : « Memoire sur le trace et le calcul des roûtes en maçonnerie », M. Legay).

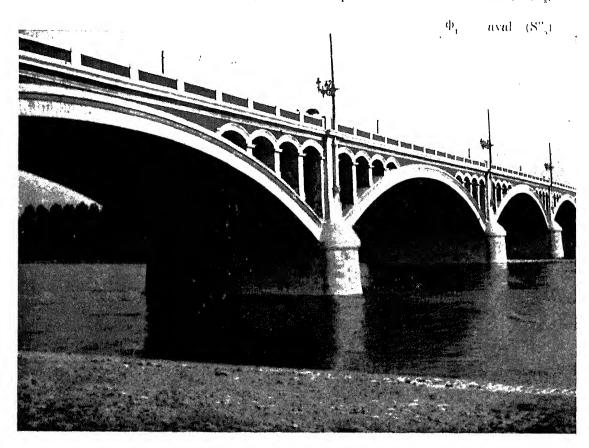
3. ... Voir plus foin, Tome III, Livre II.



4. Piles. — Comme au pont de Charrey , les becs sont en ogives persanes, et les retombées des voûtes s'appuient sur le couronnement, qui est en saillie de 0°20 (f_m) .

Par suite, l'ouverture réelle de chaque arche est : $43^m85 + 2 \times 0^m20 = 44^m25^m$. L'épaisseur des piles se réduit à : $4^m15 - 2 \times 0^m20 = 3^m75$ (f_s).

Les chaperons sont imités du pont de Homps sur l'Aude (1781-1788) * (S_a),



5. Tympans, Couronnement, Aspect. — La corniche est empruntée aux pilastres du pont de Navilly sur le Doubs (1782-1790) 7 (S₂).

Les tympans sont en briques ; elles y font bon effet.

Sur ce pont léger, le parapet plein, avec ses dés en pierre de taille, parant un peu lourd.

Annales des Ponts et Chaussées, 1893, 2° semestre, p. 737 et suivantes : « Notice sur le grand » pont en magannerie construit sur la Saone à Charrey », M. Mocquery, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussees de arcs de 30° au 1-8°).

 $^{5\}sim {\rm Aux}$ cubees, le conronnement n'est pas en suillie : l'ouverture des arches de rive est 43985 ± 0290 . 44705

^{6.} M. de Dartein, Études sur les Ponts en pierre remarquables par leur décoration, Ponts trancats du XXIIIs siècle, volume III. « Languedoc, Paris, Béranger, 1908, p. 173 à 184, Pl. 41 à 43, « Le Pont » de Homps sur l'Ande ».

 $^{7. \}hspace{0.2in} \text{id.} \hspace{0.2in} \text{, vid. IV.} \hspace{0.2in} \text{Homogogue, p. 173 å 189, PL 23 å 30. } \text{e.} Le Pont de Navilly sur le Doubs ** }$

Il y a, à 660^m en amont, un fort beau pont du XVIII^e siècle ^{*}, vigoureux, robuste, solide.

Très sagement, on a traité le nouveau de façon tout opposée : ce pont léger, presque trop, à lignes fines, presque menues, fait un heureux contraste avec la lourde masse du vieux pont.

6. Dispositions pour permettre, sans fissures, les mouvements des tympans dus aux variations de température. — En s'abaissant par le froid, les grandes voûtes entraînent avec elles leurs tympans, d'où fissure inévitable au-dessus de la pile, point fixe.

Il fallait donc l'accepter, la cacher, et, en même temps, contre-buter la poussée de la dernière voûte d'évidement.

Voici le très judicieux dispositif adopté (S,) :

Les voûtes d'évidement sont coupées, par des plans parallèles aux têtes, en tranches, alternativement en maçonnerie et en béton (f_n), celles-ci armées

de fers longitudinaux qui absorbent la poussée de la dernière vonte (fin à fin).

Entre la demi-pile du viaduc d'évidement et le pilastre, est ménagé, jusqu'au parapet, un vide masqué en élévation par le pilastre qui, lui, est fixe comme la pile (f_p) .

C'est le premier grand ouvrage français en maçonnerie où l'on ait assuré le jeu de la dilatation.

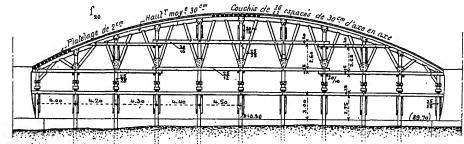
Perronet. Description des Projets et de la Construction des Ponts de Neuilly, de Mantes, d'Orléans et autres Louis second, Paris, Imprimerie Royale, MDCCLXXXIII, « Pont d'Orléans », p. 1 à 24, Pl. XXXI à XXXIX.

^{8. — 1751-1760. — 9} arches en anse de panier à 3 centres. Arche centrale de 100 pieds (32mis) d'ouverture, 28 pieds (9m10) de montée; arches de rive de 92 pieds (29m80) d'ouverture, 25 pieds (8m12) de montée. — Largeur entre têtes : 46 pieds (14m94). — Longueur entre culées : 166 toises, 4 pieds (32ms4). Projet de Hupeau, adjugé le 29 mars 1751. — On a mis 4 ans à le fonder, 4 ans à faire les voûtes, 2 ans à l'achever. — Livré au public fin 1760. — Fondé, après épuisements dans des batardeaux, sur pilotis et grillage. Les fondations ont été fort difficiles. — On en lira la description avec intérêt et profit.

· · · · · ·			
7. Pressions par $\overline{0^{m}01^{2}}$ (S' ₁).	à l'intrados	sur la fibre	à l'extrados
A Dans les voûtes :		moyenne	
Sous la charge permanente seule	11404	18 ^k 90	26 ^k 76
Retombée	s. 33 ^k 92	18 ^k 90	3 ^k 88
Clef	. 11 ^k 99	20 ^k 53	29 ^k 07
toute la voûte	s. 36 ^k 84	20 ⁴ 53	4 ^k 21
Sous une surcharge de 500k/mq, couvrant les 4/5 de la 1/2 portée de partir de l'appui		19 ^L 71	29kG2
(Position la plus défavorable) (Retombée	s ⁹ 39k46	19 ^k 57	- 0 ^k 32 tension
sous	à la base	sur le sold Pression d	e fondation alculée sur
B Dans la 2º pile rive droite (où les fon-	e- de la pile	1 ^m de largeur	toute la largeur
Sous la charge permanente	7k96	10 ^k 44	9 ^k 01
Sous une surcharge de 500k/mq couvrant les 2 demi-voûtes 951	8k48	10k83	9k40
C. – Sur le sol de fondation, sous la culée rive ga (sans tenir compte de la poussée des terres).	uche moye	nne maxi	ma
Sous une surcharge de 411k/mq couvrant la voûte rive gauche	8'	64 17	28

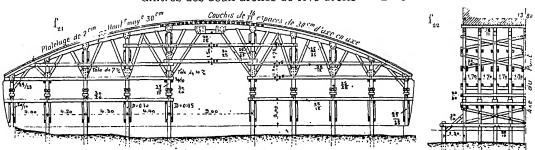
8. Cintres. — Pour les 5 arches à partir de la rive gauche, on adopta le type des cintres du pont de Tolbiac à Paris (1879-1882) 10 (S₄).

Cintre des 5 arches à partir de la rive gauche — $2^{mm}5$



Sous les cintres des deux voûtes extrêmes de rive droite, on ménagea une passe libre de 9^m, pour faciliter le passage des glaçons (S₂)

Cintres des deux arches de rive droite — 2mm5



9. — Avec l'épaisseur à la clef portée de 1^m25 à 1^m40, ces trois efforts étaient : 38*08, 18*38, -1*32. On diminuait donc très peu la compression, et il y avait plus de tension. — Avec l'épaisseur réduite à 1^m10, les trois efforts étaient : 41*48, 21*03, 0*58. On avait un peu plus de compression et pas de tension. — Il y aurait eu intérêt à réduire l'épaisseur à 1^m10. On a mis 1^m25 « moins par prudence que par des considérations d'esthétique » (S'₁).

10. — 5 ellipses de 29^m10, 32^m15, 35^m20.

A la première arche (rive droite), la fiche des pieux varia de 1^m50 à 3^m; à la deuxième, elle atteignit 10^m. Pour les autres, les pieux furent presque tous entés, quelques-uns eurent 3 entures et une fiche de plus de 20^m. Pour quelques-uns, on se contenta d'un refus de 5^{mm} (mouton de 700^k tombant de 1^m50 à 1^m80). Quand on ne l'obtenait pas, on battait à côté un autre pieu (S_s).

9. Fondations (S₂). — De janvier 1904 à janvier 1905, soit en moins d'un an, les 8 caissons furent descendus à l'air comprimé de 4^m69 à 18^m60 sous l'étiage, sur marne blanche supportant de 15^k à 20^k par $\overline{0^m01}^2$.

Pour atteindre la marne, on avait à traverser des couches calcaires avec veines de tuf ou de silex, et quelques cavernes.

A la culée rive droite, on dut abandonner la descente du caisson, à cause de la déformation de ses parois ¹¹. On refoula l'eau à 0^m80 au-dessous du couteau en forçant la pression, et on battit dans les poches des pieux en sapin de 1^m80 de hauteur, 0^m15 de diamètre, espacés de 0^m50 d'axe en axe; puis on nettoya ces poches, et on les remplit de béton ou de sacs de ciment quand on ne pouvait épuiser.

Le béton étant arasé au niveau de la tête des pieux, on le recouvrit de deux planchers superposés de rails disposés à angle droit, qu'on noya dans du béton de ciment.

40. Exécution des voûtes. — A. Dates. — Le devis preserivait de construire en même temps les 7 voûtes (S_2) .

Voici les dates d'exécution (S₁):

Voûte	1 (rive dr.)	2	- 3	4	5	G	7 (rive g.)
Commence- ment		7 nov. 1905	18sept.1905	18juil.1905	10nov.1905	17sept.1905	6 mars 1906
Fin	17mars1906	27mars1906	5 avril 1906	5 mai 1906	7 mai 1906	17 mai 1906	23 mai 1906 ¹

B. Joints sees. — Les voûtes furent exécutées avec toute leur épaisseur 12 , (3 moellons en général), en 4 attaques.

On ménagea des joints sees au-dessus de tous les poteaux du cintre.

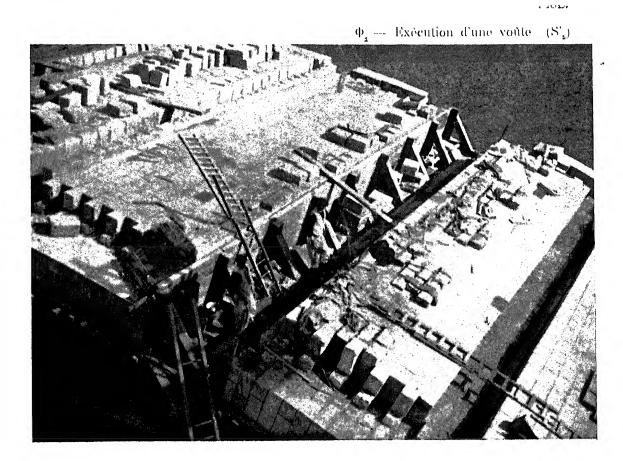
A l'intrados, les moellons à sec de douelle étaient posés, — non sur les lames de plomb prévues, parce que trop difficiles à enlever, — mais sur de petites cales en chêne de $30^{\rm mm} \times 25^{\rm mm}$ de côté, $12^{\rm mm}$ d'épaisseur, maintenues par des liteaux en sapin de $25^{\rm mm}$ de hauteur et $8^{\rm mm}$ d'épaisseur, placés sur le cintre ; à l'extrados, ils étaient tenus par des coins en chêne.

11. — Comme aux ponts Alexandre III, de Passy,... la tôle du plafond DB, au lieu de se continuer

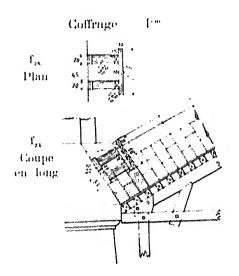
A B D en BA, était pliée le long de BC. La crinoline ACB était remplie de héton par
en haut avant le fonçage. La paroi AC a rencontré de grosses pierres qui l'ont
déformée.

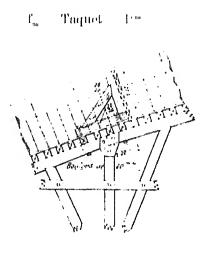
12. — On a craint que la construction par rouleaux n'abaissat la courbe de pression, déjà basse dans ces voûtes très tendues (S",).

Les tronçons des naissances étaient soutenus à l'extrados par des coffrages, à l'intrados, par 3 moellons dont 2 à sec (f_n) .



Les tronçons des reins reposaient sur des "taquets fixés au-dessus des troisièmes poteaux du cintre à partir des naissances (f_m,Φ_i) .





T. III. - 35

262

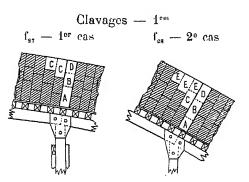
Les joints secs furent remplis de sable aux 5 premières voûtes, — laissés vides aux deux dernières, sauf ceux des naissances : des sacs les garantissaient à l'extrados.

Toutes les assises étaient posées en douelle sur liteaux, pour permettre le rejointoiement.

A la voûte extrême rive droite, une fissure s'ouvrit entre la clef et le premier poteau du cintre, due au fléchissement du vau de la passe.

A la voûte voisine, également sur cintre retroussé, on ménagea là un joint sec.

C. Clavages (S2). — On clava, à partir de la clef, en matant au refus, par



petites épaisseurs, du mortier à 600^k à l'état de sable humide. On termina par les naissances, laissées ouvertes jusqu'au dernier moment.

Dans les deux cas indiqués aux croquis f_{27} , f_{48} , A est posé à sec en exécutant la voûte.

1° Cas (f₄₇). — On pose B, on le mate; puis on pose C et D. On maçonne C à mortier; 48 heures après, on mate D.

2° cas (f_{ss}). — On pose B à sec; on pose C sur mortier; 48 heures après on mate B. On pose D à sec; on maçonne E; 48 heures après, on mate D. On a clavé de la rive droite à la rive gauche.

D. Enlèvement des coffrages (S_s) . — On enlevait les coffrages sur 3^m à chaque tête; on maçonnait : on matait les joints en partant des têtes.

11. Décintrement (S",). — Au moment du premier décintrement, la voûte n° 7 était clavée depuis 6 jours.

On décintra d'abord les trois voûtes rive droite (nº 1, 2, 3), tout en desserrant progressivement les cintres des deux voûtes suivantes (nº 4, de 3mm5, - nº 5, de 2mm), pour ne pas faire fléchir les piles; puis, deux mois après, on décintra les 4 voûtes rive gauche.

Au premier décintrement, on opéra sur 4 palées seulement à la fois (36 hoîtes à sable, 4 équipes de 9 hommes) ; au deuxième, sur 5 palées.

On n'a constaté ni fissure, ni épaufrement. Le tassement et le déplacement des piles ont été insignifiants.

Voici les conditions et les résultats de ces deux décintrements :

A	L. (=	Դ(յու) բ			[)(ONT D	ORLEANS				
	Mouvements en mm observes après décintrement	Juin T.Hit - is h. du motive			28 120 120 121 121 121 12 121 12 121 121 1	2.6 - 2.9 - 0.7 - 1.6 - 1.4 - 2.4 periodea ete 2.4 - 2.9 - 1.6 - 1.9 - 1.2 - 1.6 de a â.5 m².	$- v_1 x + v_2 y + v_3 y + v_4 y + v_4 y + v_5 y + v_$	Pas de tassement après décin-		Le 30 juillet, relevement generat de 2mm dù à la chaleur.	· 73
	-	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	E / 1	*!	7 1	: 1 1	774 - 40	and india	F)	10 mg	(ma) 7.3
	### ### ### ### ### ### ### ### #### ####	1			in me ,	Late /	Later 1	Term.	LEAL.	10,000	
	Part Pa	2 200 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	STATE OF STA	X127	78.5% 74.5%			21	16	16	R
	Dies.		1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	71	จา			5.5	71	2.5	٠. ت
				1.7	17			15 25	uda .	15	ro
	\ <u></u>				a.ch			:	જા	ार	e nije
-	4		1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	:: :::	71			கத் ம	17	15	10
prond	Acres species d'abois-	The same variety of the sa	21	?1 ******	e no Neo eloned	60-0 60-0		n, else			-44
	Transfer transfer training		1	17	1.7			75	က	65	ಞ
			1	**	20	i.:		,	71	71	જા
	erane		1116	71	71	וי	ור	2	ż	71	ç١
alin	பாரச் சும்	જાતેમાન્ટ્ર ભાગાન્ય ક્ષેત્ર	do fi	7		177	Name of the second	. 113	K.	(SV)	શ
-u	१४कमन्त्रा १४५५८ म इतिम ७५८	क्षाक्रम् अपूर १८ इत्यक्ति अर्जीक्का स	61 I	. It's	. 111.	· fxc	. III č	.mr:	. 1117	127	10.3
-	soffice	Se the	turnt.	, ?l	22	water	10	1 1	14	y see	L + at
Se one SEPT-	a bar a seri		Voille	Provided in the control of the contr	en une fois	10.5	party	ru Arbi-	, 1 , 2 2 2 2	Voiling the	
			<u>.</u>	Deintement conjectment	Mai I'ME	Die 29.	au II. a I h. du sair dèciu- très-	2* *** *** Decintrement dous	Justes Lund		See See See L'a

10. A part's de la 3º serie, on diminual des al absements en se rappy clant des naissances. Les addives indiqués sont les ababsements au sommet du clutie. 14. Abbassement spèce y ut remèdier à un relevament cherre à la suite de la 5º série. — 15. Les nombres précèdés de — sont des reférements es, Abbassement en costaté au d'écontrement, et n'indéfence du reférement du 1º et de l'alabsement du 2º.

264 voûtes inarticulées — série Ān rte (≥ 40m) — monographies

42. Dépenses (S ₃).	Fondations	Élévation	Ensemble
Entreprise Régie		1.244.117 °65 69.721 °29	2.106.623 ¹ 44 ¹⁷ 97.845 ¹ 85
Dépenses générales (surveillants, etc)		26.525121	44.506°22
neurs	13.850163	29.108134	42.958197 18
Totaux	922.461196	1.369.472149	2.291.934 [45 19, 20, 21]

13. Personnel.

Entrepreneurs: MM. Dedeyn et Perchot (S₃).

- 17. Décompte non accepté par les Entrepreneurs.
- 18. Non compris les intérêts de 4760'59 que l'Etat doit payer à l'Entreprise.
- 19. Non compris les frais d'expertise, dont une partie (2553 ') est à la charge de l'Etat.

20. — Les prévisions (abords compris) s'élevaient à	2.430.000
ainsi reparties:	
à la charge de l'Etat, à forfait	
à la charge de la Ville : \frac{2.430.000'}{5} =	486.000 '
à la charge du Département, le reste	869.000 4
La Ville n'a voulu subventionner qu'un pont en pierre.	

21. — Procès-verbal de la réception de l'ancien Pont, par Perronet, 1763 - 17 octobre et jours suivants:

	Livres	Sous
Adjudication du 29 mars 1751	2 084 000	•
Augmentation	586 856	3 43
Façade de la rue Royale d'Orléans	2 670 856 100 000	
Reste pour le pont et ses abords	2 570 856	13
Perronet. loc. cit. renvoi 8, p. 15, 16, 17, 18.		

SOURCES:

S₁. — Dessins d'exécution.

S', ... Mémoire technique, M. Legay, 5 février 1903.

S",. — Note sur le décintrement, M. Legay, 10 septembre 1906.

 S_{a} — Génie Civil, 29 septembre 1906, p. 337 à 345, Pl. XXII : « Nouveau pont en « maçonnerie sur la Loire à Orléans » M. A. Dumas.

Renseignements qu'ont bien voulu me donner :

S₃. — M. Renardier.

S₄. — M. Legay.

S_s. — Ce que j'ai vu — juillet 1908.

S'_s. — avril 1906.

S", - juillet 1908.

PONT SUR L'HOTZENPLOTZ, A KRAPPITZ

(ALLEMAGNE, - Silèsie, - Cercle d'Oppeln)

Route de Krappitz à Zywodezütz

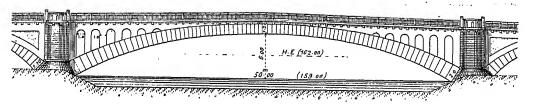
1905

 $\stackrel{\bigcirc}{\mathbf{A}}^{n} \mathbf{r}^{te} (\geqslant 40^{m})^{5}$

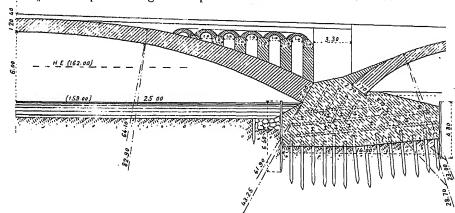
f₁ - Ensemble - 1^{mm}



 $f_{\rm s}$ — Grande voûte — $2^{\rm mm}$



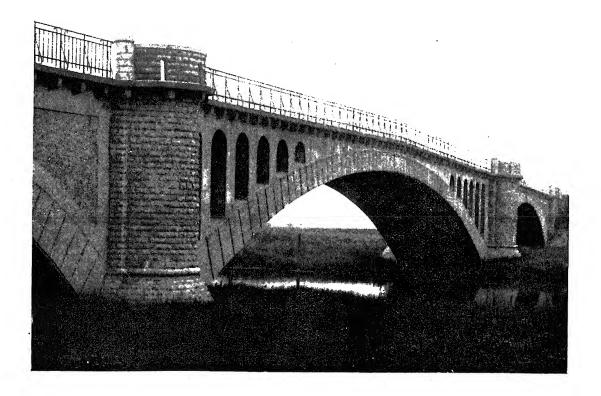
 $f_{\scriptscriptstyle a}$ — Coupe en long d'une pile et des demi-voûtes voisines — $3^{\rm mm}$



1. Personnel . — Projet: M. Hirnschal, « Kreisbaumeister », à Oppeln. Entrepreneurs: MM. Liebold et C¹⁰, de Langebrück (Saxe).

1. - Renseignements qu'a bien voulu me donner M. Hirnschal.

 $\Phi_{\iota} = (S_a)$



SOURCES:

 $S_{i\cdot}$ — Dessins d'exécution que m'ont gracieusement remis MM. Liebold, en 1908.

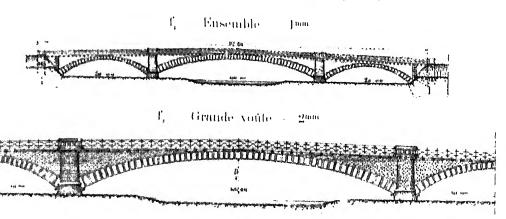
 $S_{\underline{z}}.$ — Ce que j'ai vu, — juillet 1909.

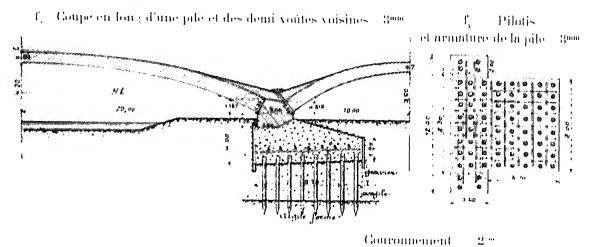
PONT SUR LA FREIWALDAUER BIELE, A GROSS-KUNZENDORF

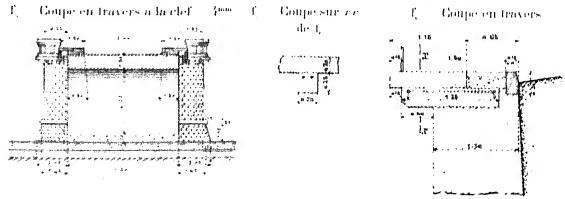
 $(ALLEMAGNE_{s} \sim Silésie_{s}) \sim Cerele (de Neisse)$

Route de Neisse à Gross-Kunzendorf

An pice (- 30m)G







1. Personnel. — Projet et Entreprise : MM, Liehold et C^e, de Lan-gebrück (Saxe).

SOLECE:

 $S_{c}=-$ Dessuis d'execution qu'ont bien voulu me remettre MM. Liebold, en 1908.

PONT SUR LA MOSELLE, A SCHWEICH (ALLEMAGNE - Prusse-Rhénane)

Route de Schweich à Trèves

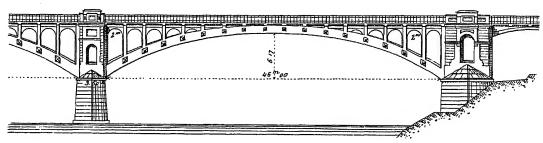
1905-1906

 $\mathbf{\hat{A}^n} \, r^{te} \, (\geqslant 40^m)^7$

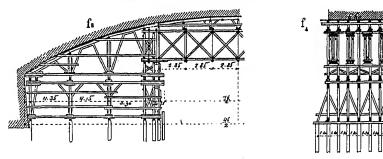
f₁ — Ensemble des grandes arches, amont — 0mm75



 f_a — Une des grandes arches — 2^{mm}



Cintre de l'arche centrale — 2mm5



1. Matériaux (S',). — Tout est en béton, sauf les parements des avantbecs qui sont en granit.

Au-dessus des naissances, les parements sont colorés en rouge.

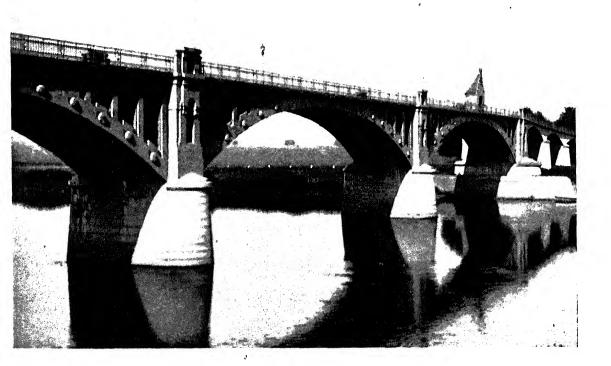
2. Quelques observations. — On a réduit, aux têtes, l'épaisseur des voûtes.

Les trottoirs sont coupés au droit de chaque pile par deux joints de dilatation.

Un fer apparent protège les bordures en béton des trottoirs.

1. — Entre le village et la station du chemin de fer d'intérêt local de Trèves à Bullay (Moseltalbahn), à 10°6 de Trèves. Le pont est à 50° en amont de la station.

 $\Phi_i = aval - (S_g)$



3. Dates (8).

Commencement des travaux	
Grandes voutes / rive droite	15 - 29 mai 1906 fin juin - 7 juillet 15-29 mai
Décintrement : 4 à 5 semaines après l'achèvement.	
incititement, in a semantes apres racheventers:	
Ouverture à la circulation	10 octobre 1906

4. Personnel (8",). — Projet et Entreprise : MM. B. Liebold et C*, d'Holzminden.

Direction des Travaux; M. Möhle, Ingénieur.

SOURCES:

 S_{i^*} — Dessins d'exécution (S_{i^*}) et renseignements $(S_{i^*}^{\prime\prime})_i$ gracieusement communiqués par M. B. Liebold en juillet 1910.

 S_{z} . — Ce que j'ni vu — septembre 1910.

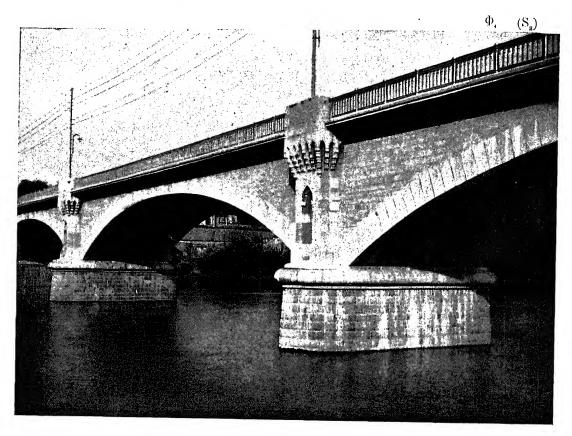
PONT sur le bras droit du rhône, dit de villeneuve,

A AVIGNON (VAUCLUSE)

Route nationale nº 100 de Montpellier à Coni

1905-1909

 $\widehat{\overline{\mathbf{A}}}^{\mathbf{n}_{\mathbf{j}}} \mathbf{r}^{\mathbf{te}} (\geqslant 40^{m})^{8}$

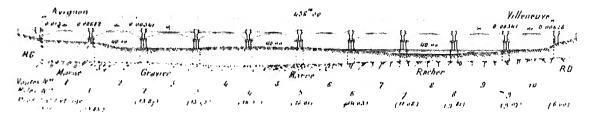


1. Principales dispositions et dimensions. — Ce sont celles du pont Boucicaut ²: même portée, même surbaissement, mêmes courbes d'intrados et d'extrados en projection de chaînette, mêmes épaisseurs des voûtes et des piles, même appareil, même mode d'exécution des grandes voûtes....

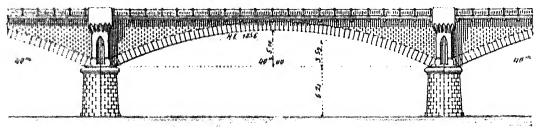
Les cordes des voûtes 3 à 9 (f_i) sont horizontales; celles de rive (1, 2, 10) sont en rampe de 0°30 par arche.

- 2. Piles. Les arcades aveugles des pilastres et leurs corbeaux sont imités des remparts d'Avignon : les arcades semblent petites.
- 3. Trottoirs en encorbellement. Les trottoirs et le garde-corps en fonte sont en encorbellement sur consoles en béton armé. La largeur disponible entre parapets est ainsi de 10^m, pour 8^m20 entre têtes.
- 1. A la place du pont en bois de 1809. On a maintenu la circulation pendant la construction, par une passerelle provisoire en bois, établie à 50^m environ en amont.
 - 2. $-\overrightarrow{\mathbf{A}}^{n} \mathbf{r}^{te} (\geqslant 40^{m})^{2}$ Tome III.

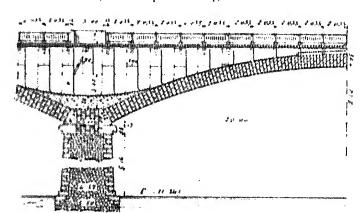
f, - Ensemble, amont - 0^{mm}3



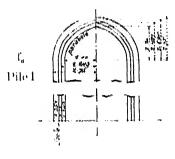
f, - Une voide - 2mm



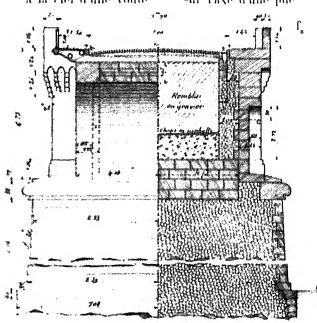
f, Coupe en long - 3mm



Bees 4000 Coupe horizontale sous le cordon

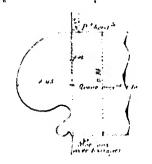


Compose on travers — 5mm a la clet d'une vonte — sur l'axe d'une pite.



Antres piles

f. Cordon despiles 300

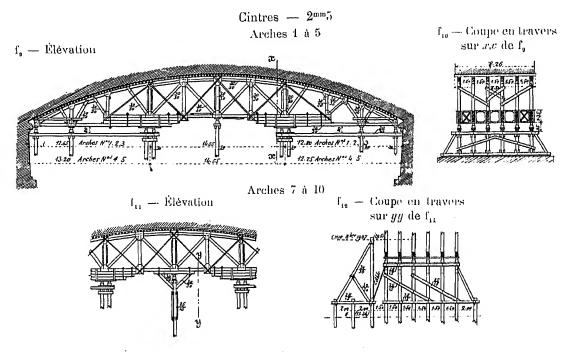


4. Cintres. — Les cintres des 5 arches à partir de la rive gauche ont été réemployés aux 5 autres.

Les palées simples sont enfoncées de 4^m environ dans le gravier, au refus de 0^m01 par 10 coups d'un mouton de 800^k, tombant de 3^m.

Les palées doubles reposent sur les fondations en béton de l'ancien pont en charpente.

Les cintres ont été montés par 18 charpentiers.



5. Fondations à l'air comprimé (janvier 1905 – mars 1907). — A la pile 4, le rocher était en pente : le caisson s'est déversé de 0^m16 environ et, sur une petite partie du pourtour, le couteau ne l'a pas atteint. On a fermé avec des sacs de ciment l'intervalle entre le rocher et le couteau.

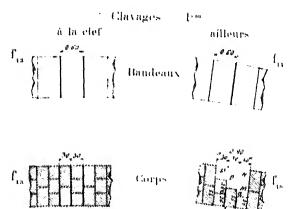
Les chambres de travail ont été remplies de béton de chaux à 2 volumes de mortier à 400^k pour 3 de galets.

Les massifs de fondation sont en moellons ordinaires à chaux; leurs parements, en moellons de choix équarris; leurs couronnements, en libages.

6. Exécution des voûtes. — Elles ont été construites voûte par voûte, de la rive gauche à la rive droite.

On maçonnait sur toute l'épaisseur ; on ménageait en 9 points (clef, naissances ét 3 points intermédiaires de chaque côté, au-dessus des points fixes du cintre), des joints secs, matés ensuite simultanément, au mortier à l'état de sable humide (S₂).

Le mortier de matage était, comme pour le reste de la voûte, à 600^k de ciment maritime Pavin de Lafarge. La quantité d'eau variait suivant que le sable était plus ou moins sec ; elle était en moyenne de 180 litres (5₁).



longs larges order, pur mater

On matait d'abord les bandeaux (f_{10}, f_{14}) .

Dans le corps, on matait les joints ab, cd (f_{14}); puis on posait les voussoirs M, N, O, P, dont on matait les joints.

Les joints de matage avaient 8^{mm} aux têtes, 12 à 15^{mm} dans le corps de la voûte.

Quelques poteaux de la passerelle de service traversaient l'emplacement de la voûte pour s'appuyer sur les cintres. On remplissait les vides

laissés par eux dans la voûte, et on en matait les joints.

Aux premières voûtes, la courbe d'intrados s'est un peu déformée, parce que les tirants du cintre n'étaient pas bien réglés, et peut-être aussi parce qu'ou avait employé quelques bois du vieux pont.

On a occupé à la construction des voîtes 30 maçons et 20 manœuvres. 4 ouvriers faisaient un clavage en 2 à 3 jours.

7. Tassement des cintres.

		E-Mary	\$ (T	пяясп	1011	t de la	elef (91 77777	ROHR	la char	ge ;	
,	oille	Sm linusse ment	de la Randea	voule	ì		nortië voûte	des	des 4-5 de la		de toute	la voù clavee	le ·
	11,	de la elef en som	Laser- ment ulærse a la	lasse, ment proper de la tête des pieus	Lasor idisc a la	rvé	Tasse- ment propre de la tête des pieux	2-3 de Ju voûte	Votito Ban deaux purcs	non clay éc	Tassement obsetvé a la clej	Tasse- ment propre de la tête des pieux	Nombre de Jours entre le clavage et l'obsetva- tion
(Real	Insula /	35mm 17	Lintre	. leavge d	i 'n pant	de s) ierrice.	19		58 61			
2	tarima /	31	:11 :29	12	5			The state of the s	- Nerviller efficiele sattage	antimetro-to-to-approved	57 57		g_{j}
**	t amount t avail	15 18		14,			and the same	32 \ // 51 /	andraux Poses	yan ya is	54 73	6 12	? j
4	i amount	65 67				!		`	68 60	Metional and arrate	70 100	The second secon	12 j
	luent luent	57 50		0 T-100-F-1000bbs	26 28		10000 for our victories				57 72	- vinjunder- W Ingel-	49 j
()	twents / lasts 1	38 13	Program of Column Column				guar sunsan i apr	\$8 36			52 GO		10 j
7	tament face	3.5 13	is an install to converse engine	1 religion strongenus	12 31		Machiner was place	No. 4 hash dry commissional and a	Systematic agricums		64 38		8 /
8	tament Lasar	\$31 \$1		Tenar o maje marak o	54 21	N 756	17 18	same nonfresident in the next	Pegaanyskiljdanskilinjohilijeiis-	n - Harriban	57 59		27
9	tmunt Less 1	163 59			\$5 52	Renderina	gografique act ma cier		De roide krouppeler un gez-	was minings , youghtful and	84 66		3 j
10 (R D)	i amat 1 aral	 	The state of the s		1 10	4					38 36		7 j

8. Dates d'exécution des voûtes. — Mouvements, en mm, observés à chaque décintrement.

	- Page	Dates do	Date		A.	baisse	ments	, 🛉 Rel	Abaissements, Relèvements des clefs des voûtes ³ .	nts des	clefs	des vo	ùles ³.	↑ ↓	_ Mou	vement	s hori	Mouvements horizontaux des piles.	des b	iles.	
ou i		construction]	du décin-	Voute nº 1	, 1 (RG)		જ	n		4		13		9		^	∞	4.	9		10 (RD)
әұџо			trement	(_		F		7		_		_		_			7		_	
Λ		Clavage	ivomore ae jours après clavage	•	$Pilen^{\circ}I$		≎≶		ಌ		7		\tilde{c}		9		-1	∞		9	
7	1907	1907	1908	amont	101	→ 1,5 -	1,1					cintre									
ВG	G 11-IX	14-X	129 1	aval	∞	61	6,0	CIB	ם ב	רואים	 	miné				!					
િ	126	1.2 06	20-111	amont	1,8	8,0 +	7,5	> 0,8 4 (8,0			non		cintre							
4		-0-v	113 i	aval	8,1 ↑	->	<u>↑</u> ∞	<u> </u>	0,7		,	clavée		miné							
٦	40 411	1908	16-IV	amont			1,5	4,0→	6,1 → 0,6	3,6 4 0,5	10	مؤساء		cons- truite		cintre					
J		7-1	100 j	aval			1,5 ↑	→ 6'0->	6,4 → 0,7	0,2	3	7		à moitié	-	nonté	<u> </u>				
i ~	1908	1	15-V	amont		<u> </u> 		-4-	0,2 ← 0,8	9.9 8.6	9,0 ← 6	3 4 0,7				-suoo	3	3 fer- mes		-	
4	21-I	11-01	90 ;	aval		····			1,2 ← 0,6	9,6 ∤ 6		6 0,5		clavee	- 10	au 1/4	E -	mon- tées			
l π	<u> </u>	97.111	23-7.1	amont		<u> </u>	<u> </u> 			1,7	7 ← 0,2	7,8	6,0 ★	6,0 ⊀		1	2,	-Suoo	cintre	ę.	
ဂ	11-8z	24-111	911	aval							× 0,8	8,8 ¥	8,0 ★	0.8		Clavee	- an	aux 4/5	miné	. 10	
١٩	<u> </u>	30 11	23-VII	amont	<u> </u>				1			, 1,5	€,0→	9	1,0 ↓	8,0	-		cons- truite	1.8	2 fer- mes
0	2-1 4		86 j	aval								6,1	← 0,5		→ 0,3	0,7	5	ciavee	moitié	e.	mon- tées
E	<u> </u>	117.6	26-71111	amont								₹ 0,7	0	3,2	0	14,5	0		مؤبداء	.9	cons-
•	<u>,</u>	T 1 -0	64 1	aval								6.9	0	2,5	→ 1,5 	15,2	0	0,3		<u> </u>	aux 4/5
°	1	11.1 6	8-IX	amont							<u> </u>					3,8	→	13,5 → 0,2	0,2 7 2,1	—	20010
Ø	10-71	TT (-5	68 j	aval	ń	. – On	n'a pas	mesuré le	3. — On n'a pas mesuré les abaissements des appuis ;	ments de	s appuis					4,3	← 2,7 	16 0,3		1,9	CIAVEE
=	40 111	11177 6	29-IX	amont	on no	a donc i	oas le ta	ssement p	on n'a donc pas le tassement propre des voûtes.	s voëtes.						!		4,5 -1,3	1,3 14	. → 0,5	5 1,2
۵,		0-1111	57.1	aval					-									5,0 ←	←1,3 ¥ 18	19,7 → 0,1	1 1
10	<u> </u>		18-XI	amont															4	4,8 ←1	16,2
RD	12-VIII	%1-e	76 ;	aval						_										4,4 ←3	√ 19

9. Dépenses.

·	Fondations	Élévation	Ensemble
Entreprise	649.660178	958, 423 (4.4	1.608.083192
Régie	14.000	61.000	75,000
	663.660178	1.019.423114	1.683.083192

40. Personnel.

Ingénieurs :

Projet. en chef; M. Dyrion; e ordinaire, M. Armand;

Execution. en chef; M. Gubiand; ordinaires, M. Armand, puis

M. Hugues.

Entrepreneur : M. Joseph Fayolle, de Grenoble.

SOURCES:

 $S_i,$ — Dessins et renseignements gracieusement communiqués par MM. Armand et Hugues,

 $\mathbf{S}_{e^{*}} = \text{Renseignements}$ qu'a bien voulu me donner M. Gubiand.

S_s. · Co que j'ni vu ? janvier 1913.

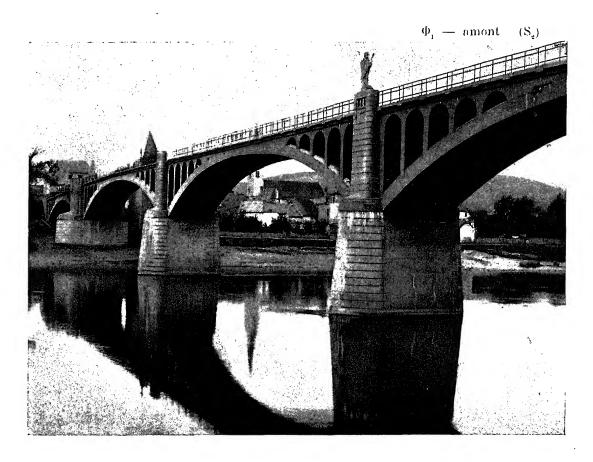
Ce qui n'est pas spécifié S, est de S,.

PONT SUR LA MOSELLE, A TRITTENHEIM (ALLEMAGNE, - Prusse-Rhénane)

Route de Trittenheim à Trères 1

1907-1908

 $\widehat{\overline{\textbf{A}}}^{\mathbf{n}} r^{te} \ (\geqslant 40^{\text{m}})^{(j)}$



1. Matériaux (S', S,). — Tout est en béton, sauf l'arête des avant-becs qui est en granit,

Au-dessus des naissances, les parements vus, sauf les douelles des grandes voûtes, sont colorés en rouge, peut-être pour imiter le grès rouge.

2. Quelques observations. — On a abattu par un chanfrein l'arête d'extrados (S₃).

On a armé les voûtes d'évidement (S'',).

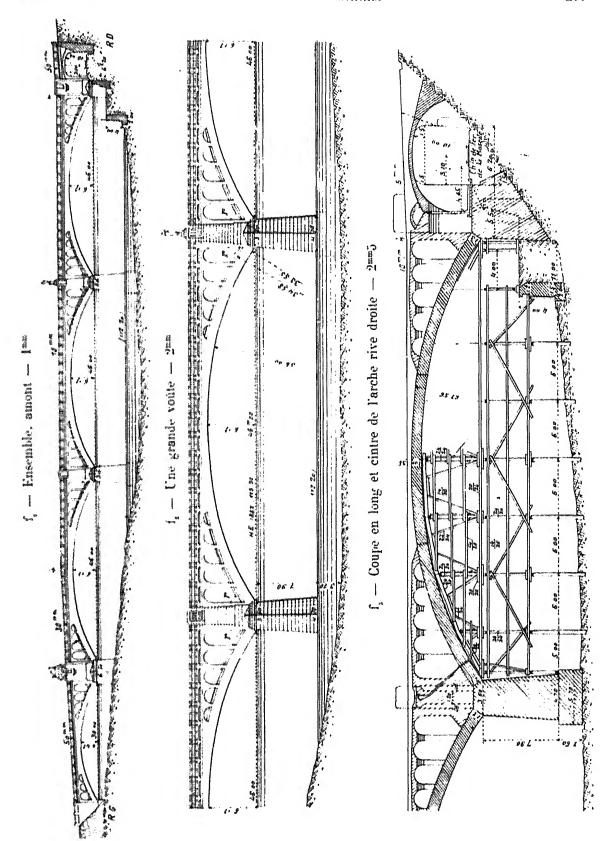
Au-dessus des piles, la chaussée et les trottoirs sont portés par une dalle en béton armé appuyée sur les pilastres (S",).

Un fer apparent protège les bordures en béton des trottoirs (S₄).

Le pilastre amont de la pile rive droite porte une statue de Jean Trithemius 2.

^{1. —} entre le village et la station du chemin de fer d'intérêt local de Trèves à Bullay (Moseltalbahn), à 31°7 de Trèves. Le pont est à 150m en amont de la station.

^{2. -} Historien et théologien, né à Trittenheim en 1462, mort à Wurtzbourg en 1510.



T. 111. — 37

278 voùtes inarticulées — série Ān rte (≥ 40m) — monographies

Elle est à bonne échelle pour les gens qui passent sur le pont, trop petite pour ceux qui le regardent.

Sur le pilastre aval de la pile rive gauche, est une niche pour le préposé au péage.

3. Aspect (S₂). — On voit trop les changements de courbure de l'extrados.

Les dièdres de béton $(r \text{ de } f_2)$ sont d'aspect assez fâcheux.

Les piles des voûtes d'élégissement paraissent maigres.

On n'a pas fait disparaître : aux têtes, les limites des tranches de bétonnage et les empreintes des planches ; en douelle, l'empreinte du platelage.

4. Dates (S",).

Commencement des travaux	commencement de juillet 1907
Piles et culées	23 juillet – octobre 1907
Grandes voûtes	4 - 21 août 1908
Ouverture à la circulation	1 ^{er} janvier 1909

5. Personnel (S",). — Celui du Pont de Schweich 3.

3. - $\mathbf{\bar{A}}^{n}$ r^{te} ($\gg 40^{m}$) 7 , - Tome III.

SOURCES:

Celles du Pont de Schweich, $\overline{\mathbf{A}}^{n}$ r^{te} (> 40")⁷ - Tome III, p. 269.

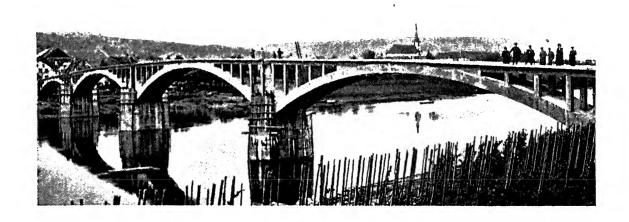
PONT SUR LA MOSELLE, A LONGUICH (ALLEMAGNE, - Prusse-Rhénane)

Route de Longuich à Mehring

1909-1911

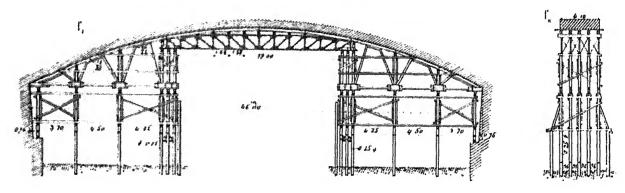
Aⁿ r^{te} (> 40m)10

 $\Phi_i \equiv \min_{i \in S_{i-1}^{n}} (S_{i-1}^{n})$

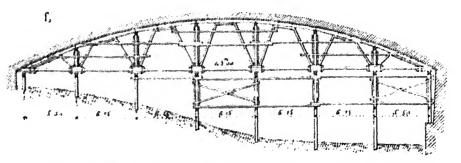


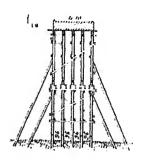
1. Cintres.

Cintre de l'arche de 46^m - 2^{mm}5

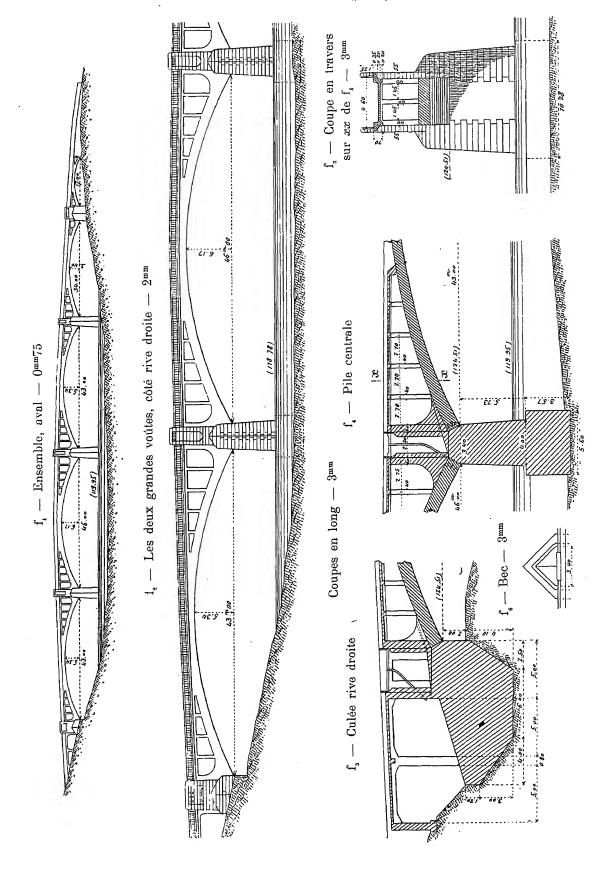


Cintre des arches de 43^m - 2^{mm}5





1. Station du chemin de fer d'intérêt local de Trèves à Bullay (Moselfalbaha), à 12°5 de Treves.



2. Dates.

Commencement des travaux	2 mai 1910
Piles et culées commencement d	e juin - 15 octobre 1910
Grandes voûtes	20 juillet - 8 août 1911
Décintrement	15 septembre 1911
Ouverture à la circulation	1° janvier 1912

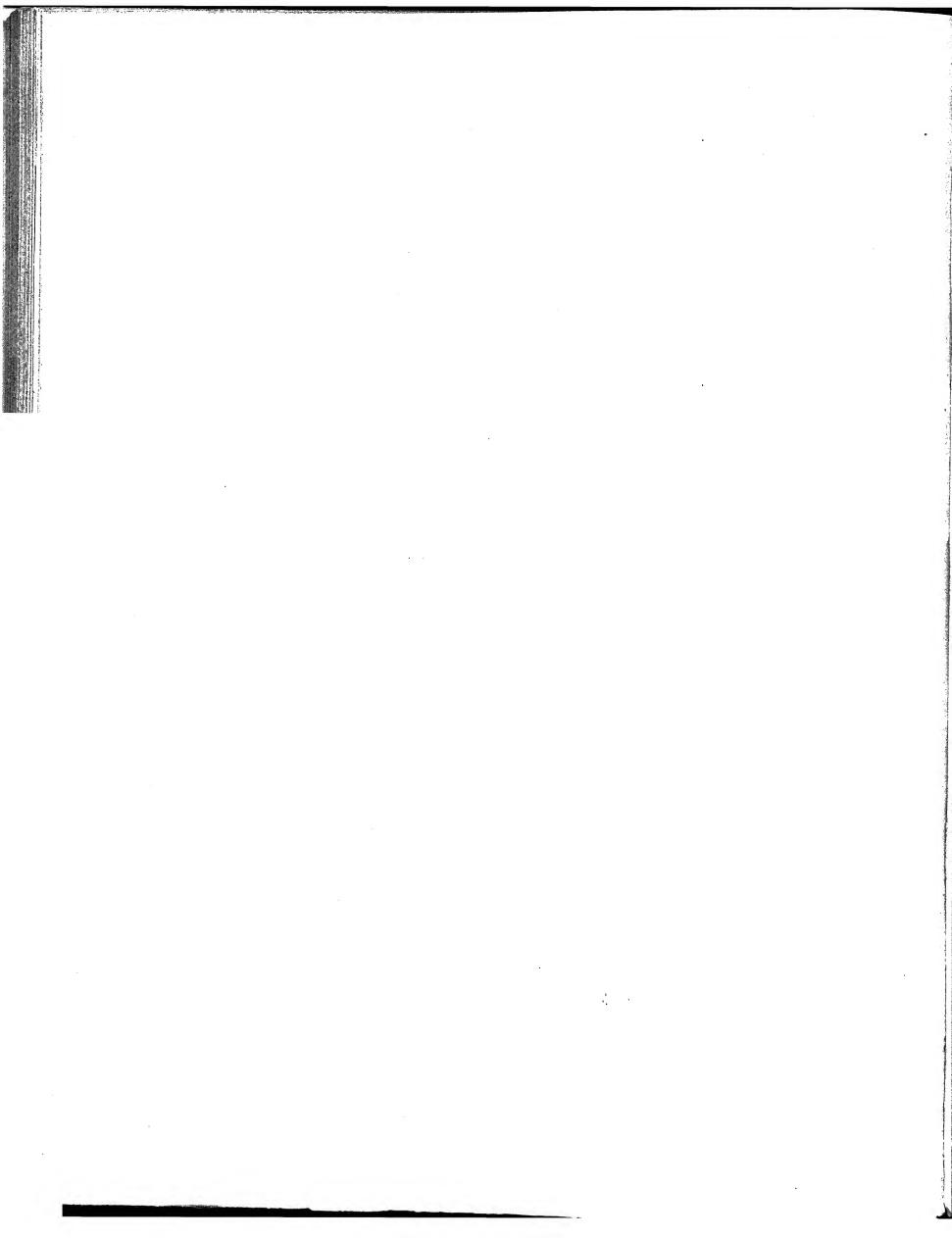
3. Personnel.

Projet : M. Herm. Möhle, Ingénieur ; Direction des Travaux : M. C. Möhle.

Entrepreneurs: MM. B. Liebold et C., d'Holzminden (Brunswick).

SOURCES:

 S_{ij} — Dessins d'exécution (S_{ij}^a) , photographie (S_{ij}^a) et renseignements (S_{ij}^{aa}) , qu'a bien vouln m'adresser M. Liebold, — mars 1912.



QUELQUES VOÛTES INARTICULÉES

QU'ON AURAIT, A TORT, CHERCHÉES

DANS LES SÉRIES DU LIVRE I

Après les voîtes inarticulées de 10^m et plus de portée, j'en vais décrire sommairement quelques autres qu'on aurait pu chercher dans les séries du Livre I.

Cv sont :

Iº des voûtes de 10^m ou plus, en béton assez peu armé pour qu'on les ait valeulées sans tenir compte du métal. — On les trouve dans des statistiques de voûtes non armées;

2º des voites de 10™ on plus, tombées pendant qu'on les construisait;

3º des voûtes auxquelles on a attribué à tort 40™ ou plus, — voûtes qui existent, — voûtes ruinées, — voûtes qui n'ont jamais existé.

	PROJET								
PONT	ENS	EMBLE							
Date Symbole En quoi consiste l'ouvrage	Longueur de l'ouvrage Déclivité Hauteur maxima de l'ouvrage au-dessus du sol ou de l'étiage 2	Largeurs (entre parapets entre tympans sous la plinthe Fruit des tympans Revanche de la voie portée sur l'extrados		ÉPAISSEUR CORPS ET TÊTES (Clef (Retombée	LES	Mortier Poids, pour 1mc de sable, de chaux	PRESSIONS en kg/0m01² Hypothèse adoptée Surcharges supposées 8	1º ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2º DECORATION DES TETES	
Sur la Delaware États-Unis 1909-1910 7 voutes biaises en ellipse: 5 de 45 ^m 72 2 de rive de 36 ^m 58 sous chemin de fer à voie normale.	442m56 5=5 21m64	8 ^m 534 10 ^m 363 Pas de fruit 2 ^m 50 environ	Ellipses $ \begin{pmatrix} 45, & 72 \\ 12^{m} & 192 \\ \frac{1}{3,75} & = 0,266 \end{pmatrix} $ $ \begin{pmatrix} 42^{m} & 86 \\ 6^{m} & 50 \end{pmatrix} $	1, 829 4 40 environ au milieu de la montée	l'extrados, grillage de barres carrées	B ¹ 1 ^v , 3 ^v , 5 ^v		Murs transversaux de 0m91, espacés de 3m962, portant une plate-forme. Aux têtes sculement, voûtes. Le tout en béton armé	
de la Monroe Street a Spokane États-Unis 1909-1911 Pont en 2 anneaux, à une grande arche de 85m65 en arc peu surbaisse, entre 2 de 36m58 en plein cintre, sous route.	181m env. 16mm 39m 36 (étiage)		Arc de cercle peu surbaissé $\begin{pmatrix} 85, 65 \\ 34^m 67 \\ \frac{1}{2,470} = 0,404 \end{pmatrix}$	\(\frac{2}{5}\), 058 \(\frac{5}{5}\), 638	Barres carrées de 25mm4 à l'intrados et à l'extrados	B ¹ Corps 1 ^v , 2 ^v 5, 5 ^v Cless 1 ^v , 2 ^v , 4 ^v Culées 1 ^v , 3 ^v , 6 ^v	Clef Re-tomb. 20k7 4k9 Re-tomb. 20k7 10k5 Arc élastique Surcharge 10°/. de la charge totale Chaussée:	1° Sur chaque tête, 2 murs de 0°61, percés de 10 voûtes transversales en plein cintre de 5°16 sur piles de 1°07 reliées par des murs transversaux. Le tout en béton armé.	

^{1. -} Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6.

EN BÉTON PEU ARMÉ

TABLEAU SYNOPTIQUE

GRANDES VOUTES							CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER	
"Openhopenheire - Official proble — in Trible 1 to 244	Bhagair 16 - riving to the a third property and the second		NDES			Q		
Type Matière Appareils de décintrement 11 CINTR Nombre Épaisseur Écartement d'axe en axe Surhaussement 12		Cube de bois Poids de fer Dépenses		MODE DR CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont Temps entre le dernier clarage et le décintrement Dato	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre au décin- t', troment après t',	DÉPENSE D Totaux ot par unité { de surface utile S _p * de volume « utile » W	
Ares d'acier à 3 articu- lations retroussès sur toute la portée	10	The state of the s		A pleine épaisseur, à partir des retombées. Aux voûtes de 45*72, on a laissé la clef ouverte pendant	Voûtes nues		Cube de Béton 39372 ^{na} (Prévisions)	
Prés de la clef, barres de longueur variable permottant d'abaisser le cerveau (voir la monographie)		cintres voûtes de 4	5*72.	7 jours. Aux voûtes de 36*58, 3 clavages : au 1/3 de la 1/2 portée à partir de la clef, puis à la clef. Les pareis des clavages avaient 6 redans normaux aux têtes.	30 jours			
Rotroussé sur 58752 Contre droite en acter)	30°m 30°m 1m 177 A la clef			A pleine épaisseur, en 12 tronçons, 9 clavages. On posa d'abord les 2 tronçons de clef,	1er an	t _a 38 ^{mm}	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	
floins en fonte sous les couchis		e ciutre a se es 2 anneaus		de clei, puis les autres symé- triquement à partir des naissances.	2" and	t _e 38mm	$D: S_p = 690^{c}7$ $D: W = 25^{c}0$ $D: Q = 435^{c}5$	

l de la surface de douelle, voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation 4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets

Pour S_p, W, W', voir Avertissement, Tome III, p. III, n° 7 — B.

VOÛTES INARTICULÉES > 40^m

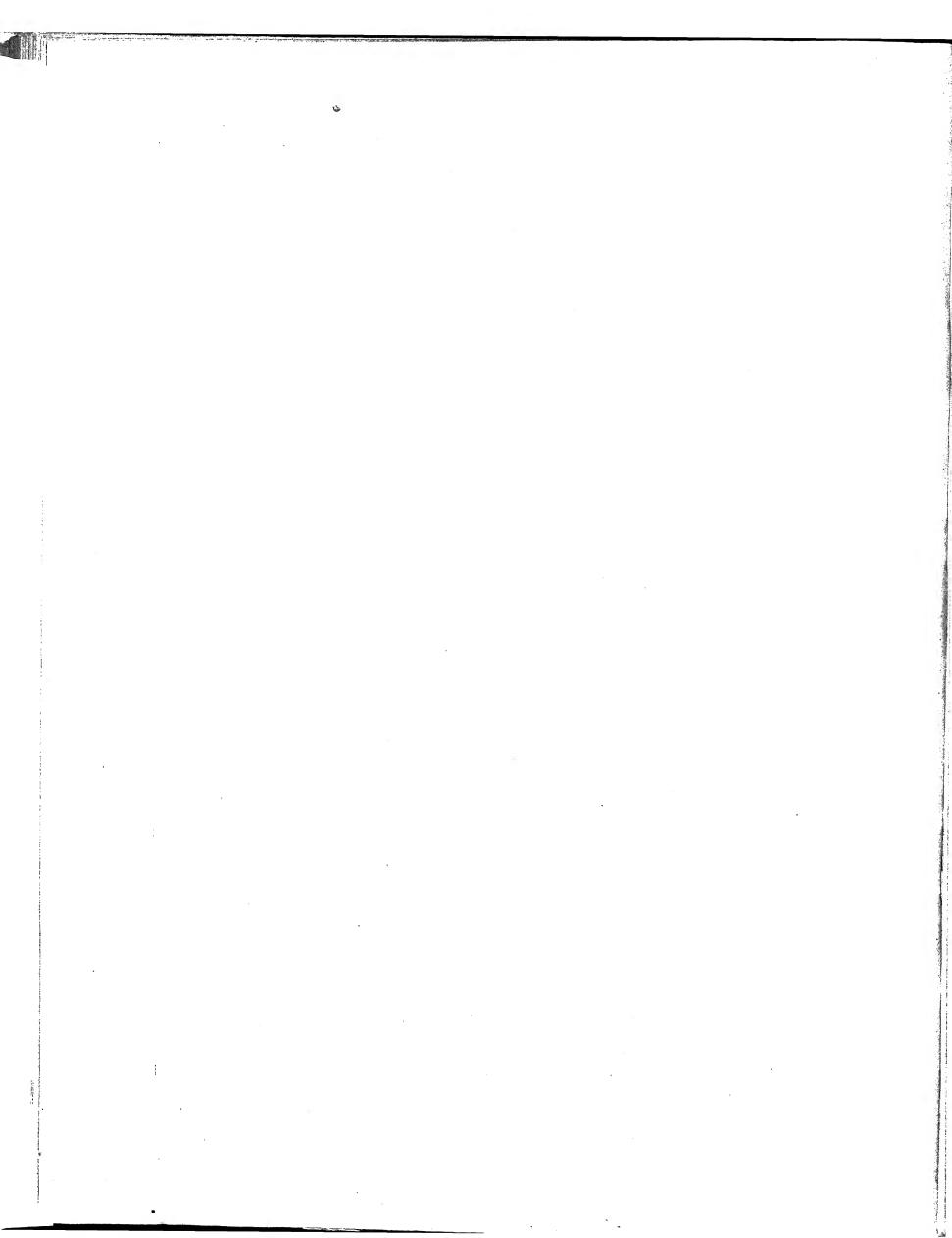
		_ =.			PROJE	ET		
PONT	ENS	EMBLE		10				
Date Symbole En quoi consiste	Largeurs de l'ouvrage Déclivité Hauteur maxima de l'ouvrage au-dessus		Dontás	EPAISSEURS CORPS ET TÊTES Clef	SONT ARMÉES LES	MATÉRIAUX Mortier Poids, pour 1mc de sable, de chaux	PRESSIONS en kg/0m01² Hypothèse adoptée Surcharges	ÉVIDEMENT DES TYMPANS 20 DÉCORATION
l'ouvrage 1	du sol ou de l'étiage 2	Revanche de la voie portée sur l'extrados	aux naissances	(Retombees	VOÛTES	ou de ciment	supposées 8	DES TÈTES
de Boberullersdorf	70m20	(6 ^m 00	Arc d'anse de panier à 3 centres assez surbaissè	4 m	Fers ronds de 20 ^{mm} au		Pressions avec surcharge :	1º 18 voùtes transversale vues,
<i>Prusse</i> 1908-1909	0	Pas de fruit	$\begin{cases} 8^m 80 \\ e^t \\ 9^m 60 \\ Moyenne: \end{cases}$	(1 ^m 30	cervcau å l'intrados	Sable	Clef 39 k7 24 k8 Retom- bées 33 k6 23 k 400k/1m ²	en plein cint en béton arn de 1 ^m 95, sur piles d 0 ^m 5, 0 ^m 7, 0 ^r
Ine seule grande arche sous route	12 ^m 60	Om 30	$\begin{cases} 9^{m} 20 \\ \frac{1}{6,315} = 0,158 \\ 47^{m} \\ 21^{m} \end{cases}$				et Rouleau de 23 ⁷ , ou 1190 ^k /1 ^{m²}	2º
d' Elsen Prusse 1909–1910	58m	7 ^m 00 7 ^m 00 Pas de fruit	Arc d'ense de panier à 3 centres très surbaissé $ \begin{pmatrix} 46, 00 \\ 5^m 10 \end{pmatrix} $	0, 80 1 1 10	Fers ronds au cerveau à l'intrados	Bandeaux: MEV ¹ Calcaire Corps: B ¹ Ciment 1 ^v Sable 2 ^v	Pression max.; avec sans influence de la température Clef 51 k 5 50 k 2 Joints de rupt. 42 k 2 41 k 3 Retomblées 30 k 8 25 k 2	1º Pas d'évidemen
Inc scule grande arche	7 ^m 20	0m30	$\begin{cases} \frac{1}{9,019} = 0,111 \\ 62m90 \\ 38m80 \end{cases}$			Pierre cassée 4 ^v (Calcaire)	Arc élastique 1000 ^k /1 ^{m²}	20))
de Cassel <i>Prusse</i>	79 m 60 32 mm 2 31 mm 7	16" 00 16" 60	$^{\mathrm{Arc}}_{\substack{\mathrm{d'anse} \\ \mathrm{de \ panier} \\ \mathrm{a} \ \mathrm{3} \ \mathrm{centres}}}^{\mathrm{Arc}}$ $^{\mathrm{b}}_{\mathrm{tres}}$ $^{\mathrm{b}}_{\mathrm{tres}}$ $^{\mathrm{b}}_{\mathrm{tres}}$	1, 10 1, 10	Fers ronds de 25 ^{mm} et 15 ^{mm} au cerveau	Grès Corps: B ¹ Ciment Vorwohler 1 ^v	Pressions avec surcharge : MAX. moy. Clef w 35k9 Joints derupt. 45k 28k3 Retom-	Entre tympusplei 10 murs transversat de 50°° espacés de 5 portant un
1909-1910 Une scule grande arch	e 8m	Pas de fruit 0°48	$\begin{cases} 3 & 23 \\ \frac{1}{10,994} = 0,091 \\ 90^{m} \\ 75m469 \end{cases}$		l'intrados, aux reins à l'extrados	Sable { basaltique '' / 2' de la Fulda '' / 2' Basalte cassé 3' Résistance moyenne à 40 j.: 349'	bées » 30 k 3 Courbe de pression	en neton arr

r. - Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, Tome III, p. II, nº 6.

EN BETON PEU ARMÉ

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

	EXÉCUTION GRANDES VOÛTES							CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER		
	DESCRIPTIONS ASSESSMENTALLY P	~~neigning	GRA	INDES Y	OÙTES			()		
ol r e			Cube d	de bois MODE		DÉCINTREMENT État	TASSEMENTS DE LA CLEE	DEPENSE D		
17	Type Matière Apparells de decintrement	Nombre Epaisseur Ecortement dane en ane Surhaussement	Poids Dépo Totaux		DR CONSTRUCTION	d'avancement du pont Temps entre le dernier clarage et le décintrement Date	sur cintro to au décin-t' trement t' après t''	Totaux ot par unité de surface utile Sp * de volume « utile » W *		
San San San San San San San San San San San San	Fixe		180ms	()**55	A pleine épaisseur	n	t ', 100°	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		
A THE PARTY OF THE	Montants et contrefiches	["17]))	»	Tranches de 1™50 environ alternées	I mois I 2 environ	t , 5() ^{mm}			
× 1	Coins entre billois de bois dur	120mm	·			Milieu d'août		D: S _p 27'1 148'7 175'8 D: W 2'7 14'8 17'3 D: Q » 54'0		
Contraction of the contraction o	Fixe	7 20.00			A plein o ėpaisseur	Tympans construits	t , 2() ^{mm}	$egin{array}{cccc} Q & = 4.437^{ m mc} \\ Q & : S_{ m p} & = 3^{ m mc}54 \\ Q & : W & = 0^{ m mc}31 \\ \end{array}$		
A STATE OF THE PERSON NAMED IN	Montants et controllches	(Jun KK			Tranches isolées	1 mois 12 environ	t ', 110 ^{mm}	Pon dations En- vation Semble		
And the second s	Coins	[-211 _{mm}		a		Octobre	t _v ()	$ \begin{vmatrix} D:S_p \\ D:W \\ D:Q \end{vmatrix} = \begin{matrix} 61^t5 \\ 5^t4 \\ 0 & 3 \end{matrix} = \begin{matrix} 101^t7 \\ 9^t0 \\ 36^t \end{matrix} $		
- And the state of	Fixo Paser masigable	17	n	33	A pleine épaisseur	Tympins construits	t , 100mm	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		
	de co	(#025	13574	14 ^t ()	Tranches isolées	1 mais 1 2 environ	t , 40mm	D 41487 294240 305697		
Market and the second second second second second	Coins	1204050	11	11		Aoút		$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		



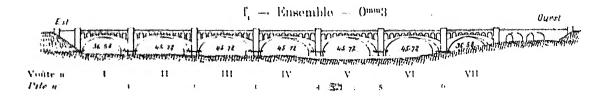
VOÛTES INARTICULÉES > 40" EN BÉTON PEU ARMÉ

MONOGRAPHIES

1. — PONT SUR LA DELAWARE, PRÈS DE PORTLAND

(ETATS-UNIS, - Pennsylvanie)

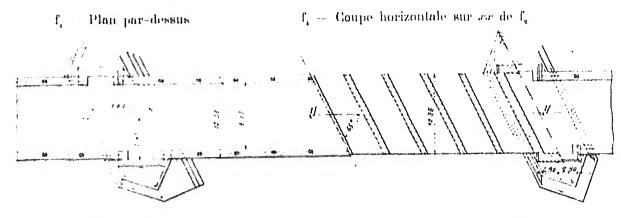
Raccourci Slateford-Hopateony (Delaware, Lackawanna and Western R. R.)
1909–1910



Voite n° V 2mm

Pile n° s

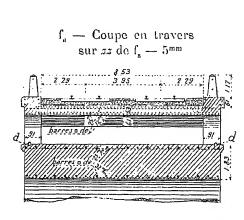
Constant of the con

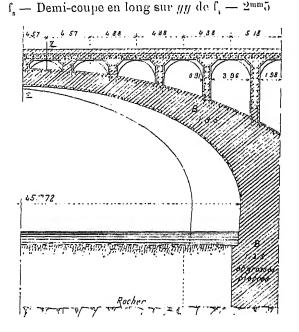


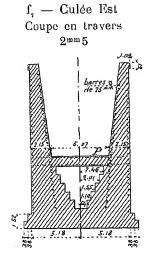
1. Pile-culée nº 4 (f_i). — A la fin de la campagne de 1909, il restait à faire les voûtes V et VI. A cause des glaces, on ne pouvait laisser, pendant l'hiver, la voûte IV sur cintre. On élargit et on renforça la pile 4 (f_i , f_o , f_i).

2. Ecoulement des eaux. — Celles arrêtées par la plate-forme sous le ballast sont conduites aux piles, et de là dans le sol.

Celles qui ont traversé la plate-forme, celles qui sont jetées par le vent sur l'extrados, s'écoulent par des sillons d ($f_{\mathfrak{s}}$) creusés dans l'extrados, parallèlement aux têtes.







3. Parements. — Les arêtes des piles en rivière sont en granit.

Aux têtes des voûtes, les planches des cloisons avaient été placées suivant le rayon.

4. Appui des voûtes biaises sur les piles. Les retombées présentaient 6 redans normaux aux

A la retombée Ouest de la voûte VII (f₁), chacun de ces redans était découpé en gradins horizontaux.

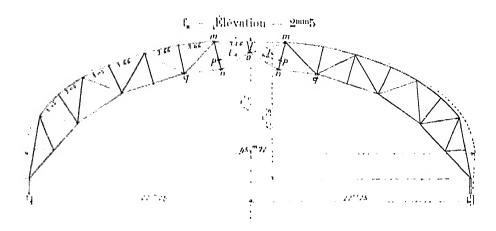
5. Culée Est. — Ses murs sont reliés par des poutres P (f₁) en béton armé.

6. Cintres. — A. - Voûtes de rive. — On a bâti l'arche VII sur le cintre, en bois, de l'arche I (f₁), transporté.

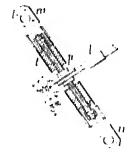
têtes.

 B_i - $Voùtes\ de\ 45$ "72. — B_i . Nombre de cintres. — Ceux des voûtes II et III ont servi aux 3 autres.

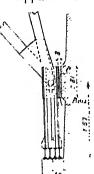
Cintre des voûtes de 45^m72



I'm - Appareil de manceuvre (m n de l'a) - 2000



f. Appuis -- I'm



 B_i . Fermes (f_i). — Chaque ferme est un arc d'acier à 3 articulations, appuyé aux naissances : verticalement, sur le socle de la pile (f_i) ; horizontalement, sur un corbeau c en béton (f_i), rasé après décintrement.

 B_s . Dispositif pour mettre les fermes à hauteur et pour décintrer (f_s, f_m) . — Les deux quadrilatères $m q n \sigma(f_s)$ sont articulés. Leurs diagonales m n sont formées de deux pièces m p, n p dont les abouts s'engagent dans une tige filetée t (f_m) à pas de vis contraires. En manœuvrant un levier l on fait varier les longueurs m n par suite $q \sigma(f_s)$: on peut ainsi abaisser ou relever le cerveau du cintre,

Pour décintrer, on enlève les pièces reliant les fermes, puis on manœuvre les leviers L

 B_{\star} . Travail permis. — Sous les charges : à la compression, $11^{k}9/\overline{0^{m}001^{2}}$; à la tension, $11^{k}2$.

Sous les variations de température : la limite même d'élasticité.

Le cintre est une construction provisoire et l'écart maximum de température admis au calcul, 78°, ne pouvait pas se produire.

 $B_{\rm s}.$ Tassements. — Pour un béton pesant 2430k, on avait calculé que le cintre tasserait :

Les tassements mesurés ont été sensiblement ceux-là.

7. Personnel.

A. - Ouvrage.

Projet: Ingénieurs en chef: M. Lincoln Bush, M. Am. Soc. C. E., puis M. G. J. Ray;

Ingénieur : M. B. H. Davis, Assoc. M. Am. Soc. C. E.

Direction des Travaux : M. F. L. Wheaton, Ingénieur.

Entrepreneurs: MM. Smith et McCormick, d'Easton, (Pennsylvanie).

B. - Cintre.

Projet, construction, montage et démontage 1.

McClintic Marshall Construction Co, a Pittsburg.

Ingénieurs en chef: M. Paul L. Wolfel, M. Am. Soc. C. E.

Ingénieur : M. David S. Gendell, Jr.

1. - Démontage sous la direction des Entrepreneurs du Pont.

SOURCES:

- S₁. Engineering News, 30 décembre 1909, p. 713 à 716 : « The Delaware River « concrete Bridge, Slateford-Hopatcong Cut-off; Delaware, Lackawanna and Western R. R. » Les dessins sont de S₁.
- S₂. Railway Age Gazette, 3 janvier 1913, p. 9 à 14 : « *The Hopatcony-Slateford Cut-* « *off* » by C. W. Simpson, Resident Engineer, Delaware, Lackawanna and Western; p. 12 à 14 : « *Delaware River Bridge* ».
- S, signale, p. 713, un autre grand pont en béton de la même ligne, sur le Paulins Kill, près de Hainesburg (New-Jersey).
 - S_z le décrit, p. 11 et 12. Il a 5 voûtes en plein cintre de 36^m58 , en béton peu armé.

2. — PONT DE LA MONROE STREET, SUR LEJ SPOKANE

A SPOKANE (ETATS-UNIS, - Washington)

1909-1911

- aval (S"',)



 Deux ponts jumeaux. — Deux ponts jumeaux, écartés de 6º096, portent une plate-forme en béton armé qui les déborde de 2º00. Sur deux anneaux larges ensemble de $9^{m}754$, on a $20^{m}72$ entre parapets.

C'est une réplique des Ponts de la Rocky River | et de Walnut Lane 2, comme ceux-ci du pont de Luxembourg * 1.

2. Cintre. — Un premier cintre, retroussé, contreventé par des haubans, fut renversé le 21 juin 1910 par un vent de 19^m à la seconde.

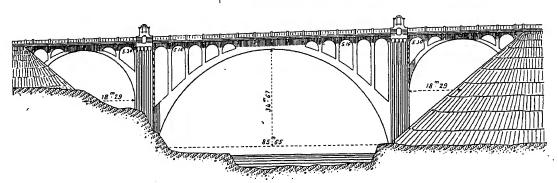
Le cintre a été ripé du premier anneau sous l'emplacement du second.

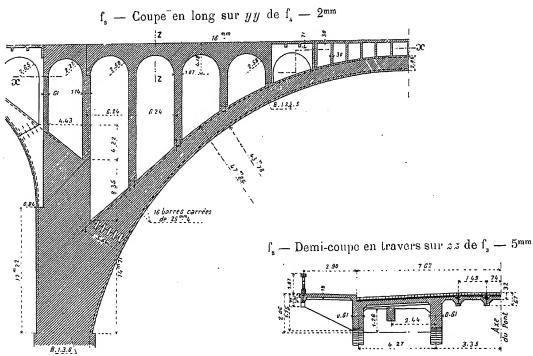
3. = $\mathbf{\hat{A}}^1$ $\mathbf{\hat{A}}^1$ \mathbf{r}^{to} (> 40^m) 1 = Tome II. $L \sim \mathbf{\widehat{A}}^{1} \mathbf{\widehat{A}}^{1} \mathbf{r}^{tr} \left(-40^{m}\right)^{3}$ 2. $-\widehat{\mathbf{A}}^{1}\widehat{\mathbf{A}}^{1} e^{i\mathbf{r}} (\gg 40^{10})^{2}$

4. — On a recomment exécuté à Pittsburg 2 grands ponts de même aspect :
Pun en trois anneaux, Pont de la Meadow Street, terminé en 1910 (Portée : 63*70) (Engincering News, 1" decembre 1910);
Pautre en deux anneaux, Pont de la Larimer Avenue, terminé en août 4912 (Portée : 91*57) (Engineering News, 19 décembre 1912).

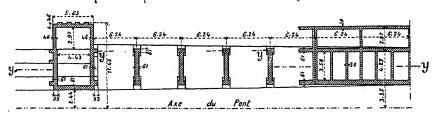
Mais ces deux ponts sont tout entiers en béton armé.

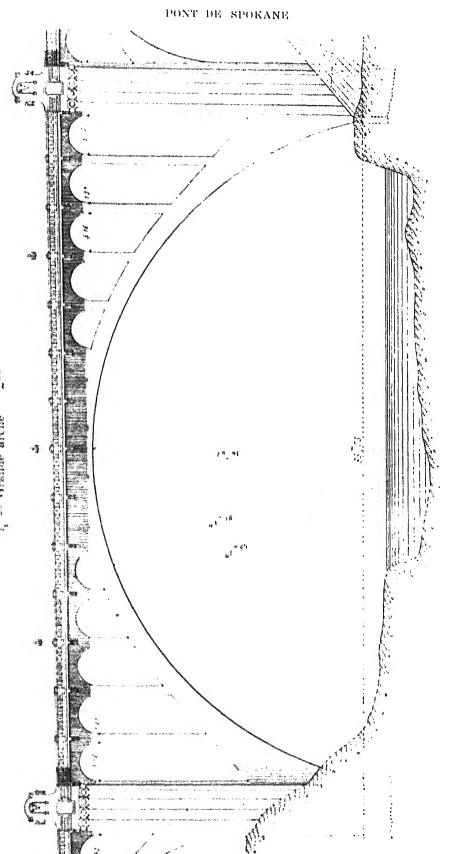
 f_i — Ensemble $0^{mm}75$





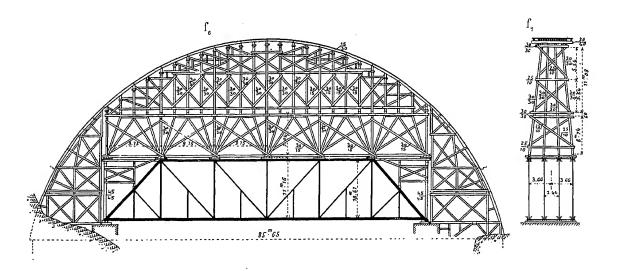
 ${\bf f}_{{\scriptscriptstyle 4}}$ — Coupe horizontale sur xx de ${\bf f}_{{\scriptscriptstyle 8}}$ — $2^{\rm mm}$





i tirande anche

Cintre — 1mm5



3. Dates.

Commencement des travaux		
	1° anneau	
Grandes voûtes	5-11 mai 1911 8 juin	5-13 juillet 1911 10 août
Ouverture à la circulation	23 novem	bre 1 911

On a attendu 6 mois les poutres d'acier du cintre : l'exécution a duré 1 an 5 mois.

4. Personnel.

Projet: M. John C. Ralston, M. Am. Soc. C. E, « City Engineer ».

Architecture: MM. Cutter et Mulmgreen, Architectes.

Exécution (en régie): M. John C. Ralston; puis, à partir d'avril 1910,

M. Morton Macartney, M. Am. Soc. C. E, « City Engineer »,

MM. J. F. Greene, P. F. Kennedy et Roy Maloney « Assistant Engineers ».

On a armé les grandes voûtes sur les conseils du Professeur Wm. Burr, de New-York (S",).

SOURCES:

- S_{τ} Renseignements et photographies qu'a bien voulu me donner M. J. C. Ralston, mai 1911.
- S_{a} . Dessins d'exécution (S'_{a}) , renseignements (S''_{a}) et photographies (S'''_{a}) gracieusement communiqués par M. Morton Macartney, février 1912.
 - S_s. Engineering Nows:
 - S'3. 2 septembre 1909, p. 241 à 243 : « The Monroe St. Bridge, Spokane, « Washington : A concrete bridge containing a 281-ft Arch ».
 - S^{o}_{a} , --- 4 mni 1911, p. 546, 547 : « The Centering for the 281 ft Concrete Arch of « the Monroe St. Bridge, Spokane, Wash. » by P. F. Kennedy.

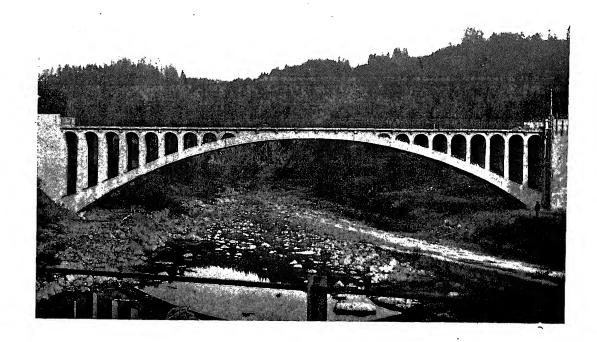
3. — PONT SUR LA BOBER, A BOBERULLERSDORF

(PRUSSE, - Silésie, - Cercle de Hirschberg)

Route de Boberullersdorf à Boberröhrsdorf

1908-1909

Φ', — (S''',)

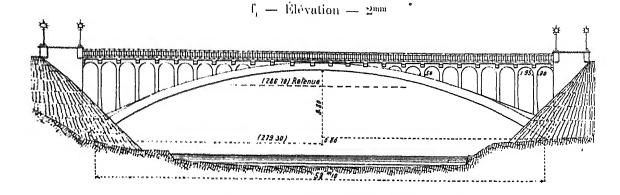


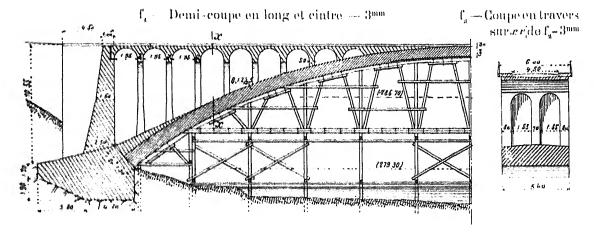
- 1. Trottoirs. Ils sont en encorbellement sur des consoles en béton armé (f₄).
- 2. Parements vus. Après la construction d'un barrage en aval, le pont sera noyé jusqu'à 2^m20 sous la clef. On s'est contenté de recouvrir les parements vus d'un enduit de ciment lissé (S"₁).
 - 3. Joints de dilatation. Il yena 4 au-dessus de chaque demi-voûte.

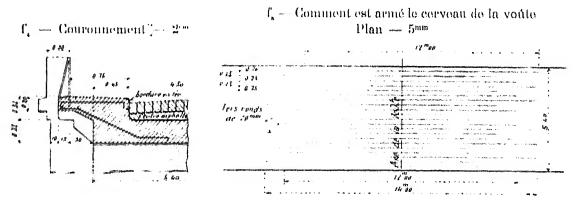
4. Dates.

Commencement des travaux	8 amil 4008
Montage du cintre.	45 mai 45 inin
Grande voute	20 inter - 15 juin
Décintrement.	20 juin – 4 juinet
Ouverture à la circulation	Milieu d'août
Savervare and enculation	1909

1. - Cliché Germania, Hirschberg, Silésie.







5. Personnel.

Projet et Entreprise: MM. B. Liebold et Cie, d'Holzminden. Direction des Travaux: M. Riemenschneider, Ingénieur.

SOURCES:

 S_i . — Dessins d'exècution (S_i') , renseignements (S_i'') et photographie (S_i'') , gracieusement adressés par M. B. Liebold, en août 1909.

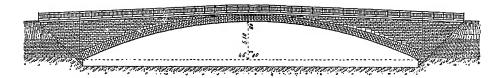
 S_{ϵ} — Renseignements qu'a bien voulu me donner M. Lau « Landesbaurat » à Breslau.

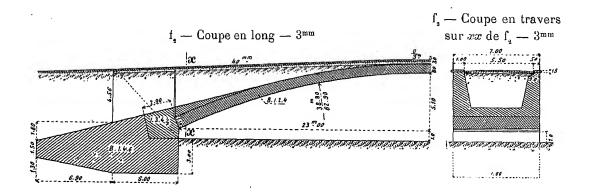
4. — PONT SUR L'ALME, A ELSEN (PRUSSE, - Cercle de Paderborn)

Route de Paderborn à Elsen-Bentfeld

1909-1910

f, — Élévation — 2^{mm}





Cintre — 2^{mm}5

1. Joints de dilatation (S₂). — Il y en a 8, à égale distance les uns des autres.

2. Dates (S",).

Commencement des travauxFin octobre 1909Grande voûte1°° moitié d'août 1910DécintrementCommencement d'octobreOuverture à la circulationFin novembre

^{1. -} près de Paderborn.



3. Personnel (S"1).

Ingénieurs.

Projet: M. Wehrmann, « Kreisbaumeister » à Paderborn;

M. B. Liebold, d'Holzminden.

Direction des Travaux : M. Linnenberg.

Entrepreneurs: MM. B. Liebold et Cio, d'Holzminden.

SOURCES:

 S_i . — Dessins (S_i') , renseignements (S_i'') et photographie (S_i'') que m'a gracieusement adressés M. B. Liebold, mars 1912.

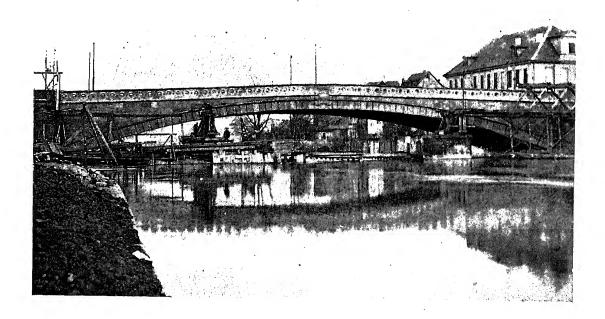
S_a. — D^r Ingenieur F, von Emperger. – Handbuch für Eisenbetonbau. Zweite neubearbeitete Auflage. Sechster Band. Brückenbau, p. 513 à 515 : « Strassenbrücke über die Alme a bei Elsen ».

5. — PONT SUR LA FULDA, A CASSEL (PRUSSE)

Rue reliant la vieille Ville à la nouvelle

1909-1910

 $\Phi_{\epsilon} = (S'''_{i})$



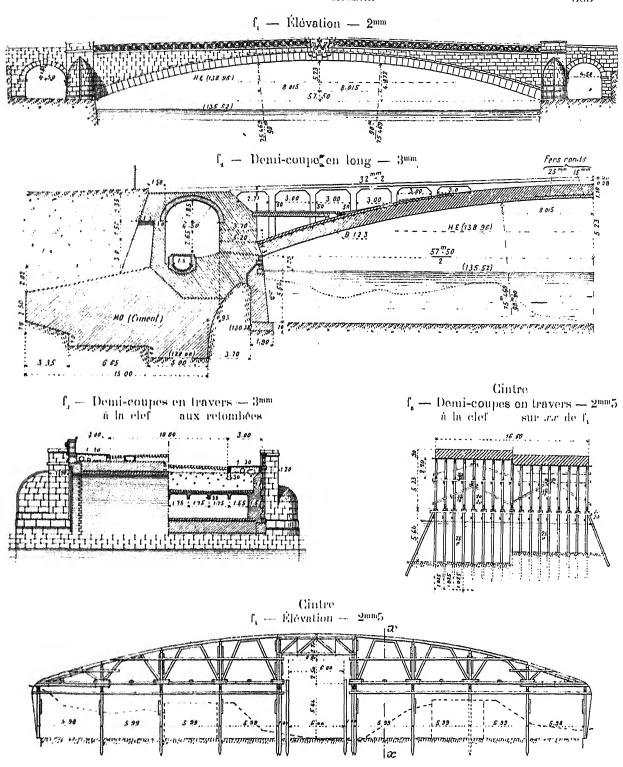
- 1. Parements vus. Les bandeaux et tympans sont en pierre de taille (grès jaunâtre du Mein). Les voussoirs de tête sont en saillie de 6°.
 - 2. Joints de dilatation. Il y en a un au-dessus de chaque retombée.

3. Dates.

4. Personnel.

Projet et Entreprise: MM. B. Liebold et C', d'Holzminden.

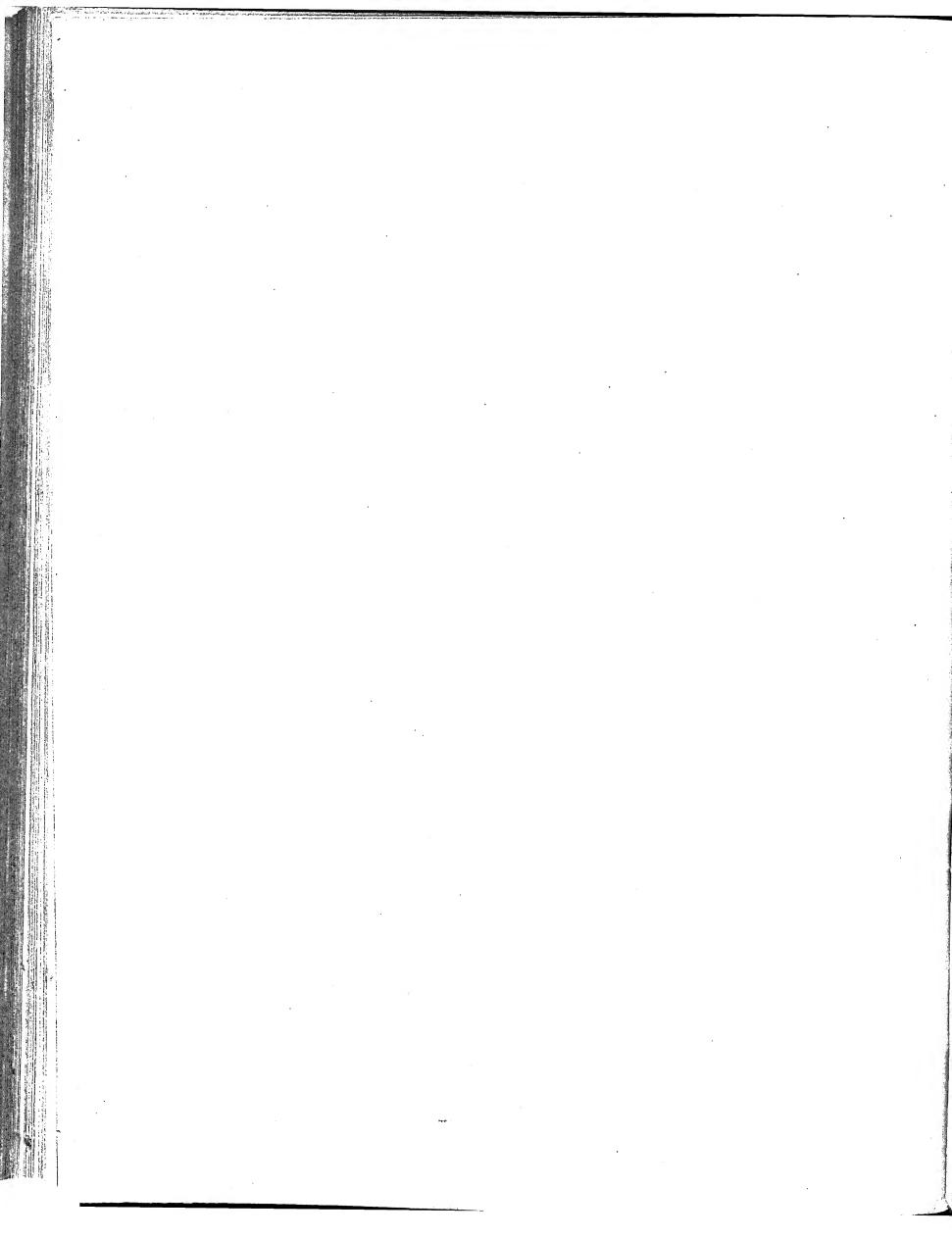
Architecture: M. Roth, Architecte à Dresde. Direction des Travaux: M. Riemenschneider.



$\mathbf{SOURCES}:$

 S_i . — Dessins (S_i') , renseignements (S_i'') et photographies (S_i''') , gracieusement communiqués par M. B. Liebold, mars 1912.

 $S_\tau=D^r$ Ingenieur F. von Emperger. — Handbuch für Eisenbetonbuu. — Zweite neubearbeitete Auflage. Sechster Band. Brückenbau, p. 509 à 511 : « Strassenbrücke über die « Fulda in Kassel ».



TITRE II

VOÛTES INARTICULÉES DE 40™ DE PORTÉE OU PLUS TOMBÉES PENDANT QU'ON LES CONSTRUISAIT

1. — PONT DE MARBRE, A PISE (ITALIE) (indiqué sous toutes réserves Arc de 72^m 389 (??) tombé en 1644.

« ...le fameux (pont) de Pise, essayé par Alexandre Bartolotti d'un seul « arc de 124 brasses (72^m389)) de corde,... étant encore sur le cintre et après une « dépense de 25.000 Ducats, tomba en 1644, comme Michelini l'avait prédit...»²

2. — PONT DE MANSART, SUR L'ALLIER, A MOULINS (ALLIER)

Emporté en 1710 (Arche centrale : 44"83)

Le pont d'Hardouin Mansart^a, « Surintendant des Bâtiments du Roy », avait 3 arches en anse de panier⁴: une centrale de 23 toises (44^m 828), 2 de rive de 17 toises 1/2 (34^m 108), 2 piles épaisses de 39 pieds (12^m 669).

- A. Cest la partée du Pont de Trezzo, At rie (= 40m) , Tome III, p. 19.
- 2 ~ ~ De la revitable courbe des arches du Pont de la Trinité à Florence ». Mémoire géométrique et lastorique de Pierre Ferroni *. ~ (Inséré dans le Tome XIV de la Société italienne des Sciences, 1808), Malibran ~ Mession d'Italie, en 1852 ». (Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées, M. S. nº 464). * terron, de Florence (1744-1853), professeur de mathématiques à Pise (Grande Encyclopédie).
- 3. * ... Il (Mawswey) fit un pont à Monlins, où il alla plusieurs fois, Il le crut un chef d'aurre de volidite; il s'en rantait avec complaisance. Quatre ou cinq mois après qu'il fut achevé, Charlus, père du v duc de Leve, vint au lever du voi, arrivant de ses terres tout proche de Moulins,... C'étoit un homme d'espart, peu cantent, et rolontiers caustique. Mansart, qui s'y trauva, voulut se faire louer, lui parla du pont, et tout de saite pria le roi de lui en demander des nouvelles. Charlus ne disoit mot. Le roi, voyant qu'il n'entroit point dans la conversation, lui demanda des nouvelles du pont de Moulins. Nive, repaadet froidement Charlus, je n'en ai point depuis qu'il est parti, mais je le crois hien à Nintes présentement. Comment? dit le roi, de qui croyes-vous que je rous parle? C'est du pont de Moulins.— Out, Sire, repliqua Charlus avec la même tranquilité, c'est le pont de Moulins qui s'est deturbe tout entire la reille que je suis parti, et tout d'un coup, et qui s'en est allé à rau l'eau...»

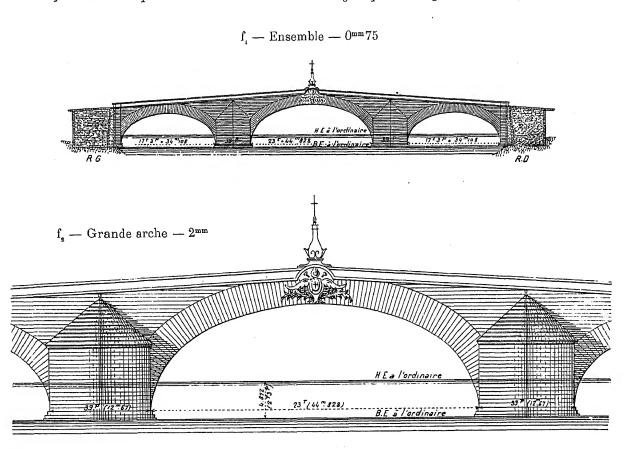
De Regemortes (renvoi 5) spécifie que le pont est tombé le 8 novembre 1710. La conversation rapportee par Saint-Simon est de quelques jours après.

Or, Mansart scrait mort en 1708, (Grande Encyclopédie).

4.— D'après des dessins dont l'un, du 20 juillet 1709, est signé comme « vu » par « Mansart de Sagone ». (Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées, M. S., n° 1608.)

La date et la signature sont d'encre et d'écriture différentes : on a indiqué l'avancement des travaux sur un ancien dessin. 306 voûtes inarticulées > 40m tombées pendant qu'on les construisait

« La première pierre fut posée le 3 Septembre 1705; les Arches entièrement « fermées étaient encore sur leur ceintre, sans que le dessus du Pont fut achevé; « lorsque le 8 Novembre 1710, une erue occasionna la chûte de la plus grande « partie de cet ouvrage, construit avec un soin & une exactitude tant sur le choix « que sur l'emploi des matériaux, dont il n'y a peut-être point d'exemple. » ⁵



La clef de l'arche centrale était décorée d'un cartouche; au-dessus, devait se dresser une pyramide comme plus tard à Blois (1716-1724).

Tout était fondé sur pilotis; les voûtes étaient construites sur cintre retroussé, du type adopté plus tard par Perronet.

En 1707, les massifs s'élevaient à 3 assises au-dessus des naissances.

Le 20 juillet 1709, les piles étaient montées à mi-hauteur du chaperon; comme plus tard à Blois, l'arrière-bec était en trapèze.

Le débouché total, de 58 toises (113^m 04), était tout à fait insuffisant : de là, les affouillements qui ont fait tomber le pont.

Le pont construit plus tard par de Régemortes (achevé en 1763) a 13 arches de 10 toises, soit un débouché de 130 toises (253^m 37).

^{5. — «} Description du nouveau Pont de pierre construit sur la Rivière d'Allier à Moulins, par « M. de Régemortes, Premier Ingénieur des Turcies et Levées », M. DCC. LXXI, Paris, Imprimerie de Lottin, (Avant-propos, p. 1).

3. — PONT SUR LE PANARO, PRÈS DE MODÈNE (ITALIE) Arche de 49" 376, tombée en 1789

« Dans l'Italie entière, il n'y aurait pas eu un pont si extraordinaire et majes-« tueux que velui que Bolognini... voulut de nos jours élever sur le Panaro, le « composant d'un seul arc de 152 pieds de Paris de corde (49™376), 48 de flèche « (15™592) et 8 d'épaisseur à la clef (2™599), sur la nouvelle route de Modène... » mais... quoique moins grand... il eut le même sort sinistre... déjà arrivé à « Bartolotti. »».

Au sujet de cet ouvrage, M. l'Ingénieur en chef Zanotti a bien voulu consulter le Directeur des Archives de Modène, M. Giovanni, lequel lui a donné les renseignements que voici :

Une ordonnance du duc Hercule III, en date du 19 mars 4786, approuva la construction d'un pont à une arche sur le Panaro, de 452 pieds d'ouverture, 48 pieds de flèche, appelé Pont Saint-Ambroise, à construire sous la voie Emilienne, entre Modène et Bologne, à environ 6^k de Modène.

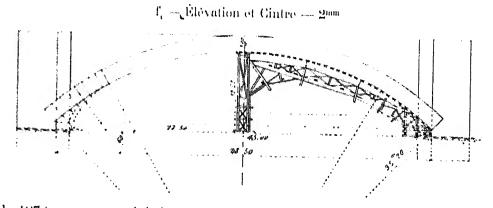
On commença les travaux le 24 avril 1788; mais, le 24 juin 1789, le cintre céda, entraînant la voûte.

4. — PONT DE SAINT-GEORGES, SUR LE LIRI (ITALIE)

Route de Formia à Cassino

Voûte de 45^m tombée en 18737

L'entrepreneur devait exécuter l'ouvrage en deux ans, pour 134.000 lires.



En 1872, on construisit les culées ; en 1873, le cintre et la voûte. On allait la terminer*, lorsque, dans la nuit du 15 octobre, elle s'écroula avec son cintre.

iza umi ingegnere i asquare «assa). Astratta dagli Atti del Callegio degl' Ingegnori et Architetti in Napali, Anno V. Lose, (c. Nov. e Dic. 1886). — Naples, 1886. 8. — c che, compiuta quasi, ruinò... «

^{6.} Source indiquée rencoi 2.

^{7. - »} Sulle caŭse che produssero la ruina del Pante in maratura sul Liri presso S. Giorgio, » Conterenza dell'Ingegnere Pasquale Sasso.

308 voûtes inarticulées ≥ 40^m tombées pendant qu'on les construisait Il paraît que l'exécution n'a pas été conforme au projet. Le cintre était d'un mauvais type, en mauvais bois, et mal exécuté ¹⁰.

^{10. —} Le même entrepreneur construisit, en 1878, un pont de 20^m sur le Vulturne : il s'écroula au décintrement. Il subsista, encastrée dans une culée, une plaque de marbre portant son nom.

TITRE III

VOÛTES INARTICULÉES AUXQUELLES ON A ATTRIBUÉ A TORT 40^m de portée ou plus

III. A. — PONTS QUI EXISTENT, MAIS QUI N'ONT PAS 40^m

1. — PONT SAINT-MARTIN, SUR LE TAGE, A TOLÈDE

(ESPAGNE, - Nouvelle-Castille)

Φ₁ — amont ι



On lui a attribué une portée de 40°25°.

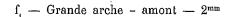
L'ouverture, difficile à mesurer directement, est réellement de $39^{\rm m}75$; la montée, de $20^{\rm m}45^{\rm a}$.

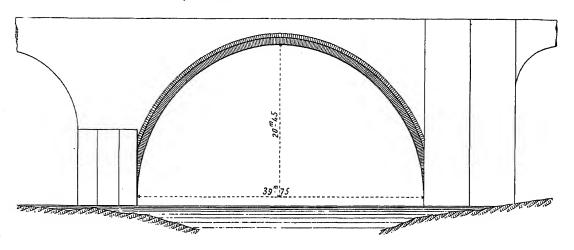
- I. Photographie gracieusement donnée en 1908 par M. Carlos Alfonso, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur des Travaux Publics de la Province de Toléde.
 - 2. Croizette-Desnoyers : « Construction des Ponts », Tome I, p. 43, Pl. IV, fig. 8.
- 3. Ces dimensions ont été gracieusement relevées, sur ma demande, en mai 1908, par les soms de M. l'Ingénieur en chef Carlos Alfonso.

310 VOÛTES INARTICULÉES AUXQUELLES ON A ATTRIBUÉ A TORT 40^m OU PLUS

C'est la plus grande voûte d'Espagne 4.

L'intrados est une ogive mousse, très peu surhaussée, presque un plein cintre. Les têtes sont en deux rouleaux superposés, celui de dessus en saillie. Les bandeaux et la douelle sont en granit⁵.





Voici quelques indications empruntées à l'histoire d'un Archevêque de Tolède 6 :

Il y eut là un pont romain, emporté par une crue en 1211 7 ou en 1203 8.

4. — Voici les plus grandes voûtes d'Espagne : toutes sont antiques :

	Intrados	Portée	Montée	Siècle	
Pont St-Martin, à Tolède	Ogive surhaussée	39 ^m 75	20 ^m 45	XIV.	
Pont d'Orense, sur le Miño	id.	37 ^m 60	19-60	XIV ?	Voir sa monographie, p. 311.
Pont de Martorell,					
sur le Llobregat	Ogive surbaissée	37"30	15 ^m 20	?	id. p. 314.
Pont d'Almaraz, sur le Tage		38 ^m		XVI ?	
(Province de Cacérés, Route de Madrid à Cacérés).	Ogive	32"46	•	restauré en 1842-45	- Croizette-Desnovers, Tome I. p. so.

^{5. -} Renseignement pris, sur ma demande, par M. Renaudot, Ingénieur en chef des l'onts et Chaussées.

Inscription sur une plaque de marbre blanc posée sous Philippe II :

PONTEM CVIVS RVINAE INDECLIVII ALVEO PROXIME VISVNTVR. FLYMINIS INVNDATIONE QVAE ANNO DOMINI M.CC.III SVPER IPSVM EXCREVIT DIRVTVM. TOLETANI IN HOC LOCO EDIPICAVERVNT. IN BECILA (sic) HOMINYM CONSILIA. QVEM IAM AMNIS LAEDERE NON POTERAT PETRO, ET HENRICO FRATRIBVS PRO REGNO CONTENDENTIBVS, INTERRVPTVM PETRVS TENORIVS ARCHIEPISCOPVS TOLETAN. REPARANDVM CVRAVIT

^{6. —} S₁ - « Historia de D. Pedro Tenorio, Arçobispo de Toledo » por El. D. (Doctor?) Eugenio Narbona, natural de la ciudad de Toledo, su Capellan, — Tolède M.DC.XXIIII (Bibliothèque Nationale, Oc. 664).

^{7. —} S_i - p. 111 (verso) « comme en témoignent les Annales de Tolède ».

^{8. -} S. - p. 114 (recto).

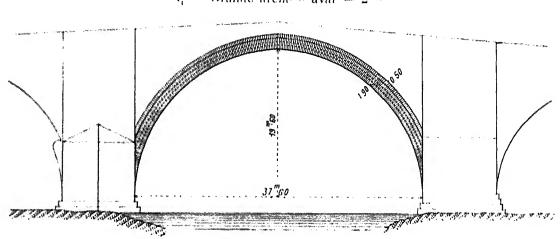
Les Toledans en bâtirent un nouveau, un peu en amont, avec 2 tours et 2 portes. Plus tard, demeurés fidèles à Pierre I^{or} (le Cruel), ils furent assiégés par son frère Henri de Transtamare, et, pour se défendre, ruinèrent la grande arche ^o de leur pont (1368, 1369?).

Don Pedro Tenorio, Archevêque de Tolède de 1376 à 1399, fit reconstruire la grande voûte, achever les tours ^{9, 10, 11}.

Philippe II y fit quelques réparations.

2. — PONT D'ORENSE SUR LE MIÑO (ESPAGNE, - Galice)

Route de Villacastin à Vigo, entre la ville d'Orense et le chemin de fer de Monforte à Vigo.



f, - Grande arche - aval - 2mm

Le pont d'Orense a 7 arches, dont 5 en ogive.

 $9_i \sim S_i \sim p_i \cdot 112$ (verso).

 $10. + S_4 + p$, 113 (recto). — Eugène de Nachonne conte cette jolie anecdote :

On ne les y voit plus.

Le Constructeur s'aperçut, la voûte presque clavée, qu'il s'était trompé dans ses projets, et qu'elle tomberait surement au décintrement; it confia ses angoisses à sa femme. Celle-ci, jalouse de la réputation de son mari, mit, une nuit, le feu aux bois du cintre ; l'arche s'écroula, mais sa chute fut attribuée à l'incendie.

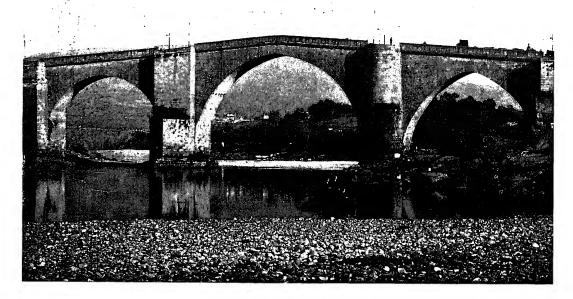
L'Archevêque répara, à ses frais, le dommage. La femme lui avoua ce qu'elle avait fait, et pourquoi : le Prélat gouta fort son action, et l'en recompensa.

Sur le « Pont de l'Archevêque » s'élevaient deux hautes tours, (Los Reges nuevos de Toledo, Christoval Lozano, 1667, — Bibliothèque nationale, Ol. 387, Réserve, p. 207).

312 voûtes inarticulées auxquelles on a attribué a tort 40^{m} ou plus

A la voûte du milieu, on a attribué une ouverture de 44^{m 12}, 43^m45 ¹³, 39^{m 11}. Elle a, réellement, 37^m60 de portée et 19^m60 de montée; elle est légèrement surhaussée, en ogive peu pointue, comme celle du pont Saint-Martin, à Tolède.

 Φ_4 — Arches centrales, - aval 15.



La base des piles de la grande voûte est à grand appareil, peut-être romain. Toute l'élévation est du moyen-âge: par les rampes qui étaient de 91^{mm} et 66^{mm} avant la modification de 1880; — par ses ogives, dont quelques-unes ont un joint à la clef; — par le petit appareil de ses voûtes; — par ses becs pointus; — par ses deux rouleaux superposés de 1^m40 et 0^m50 .

Aux reins de la voûte, on voit des trous carrés comme au pont de Céret : sans doute des trous de boulin pour appuyer le cintre.

Tout est en granit : il y a quelques mauvaises pierres.

Ces renseignements ont été, sur ma demande, gracieusement donnés par M. Juan B. Uriarte, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Orense.

12. — Germond de Lavigne: « Itinéraire de l'Espagne », — Paris, 1866, p. 273. — M. Alfred Léger: « Les travaux publics, les mines et la métallurgie au temps des Romains. »

Dans la Statistique des Annales des Ponts et Chaussées d'octobre 1866, p. 542^{ter}, nº 25, j'ai reproduit cette indication « sous toutes réserves ».

13. — M. L. Geztelu, Marquis d'Echandia ; « Los grandes Arcos de Fábrica en los Puentes de España ». (Revista de Obras Públicas, 12 juin 1899).

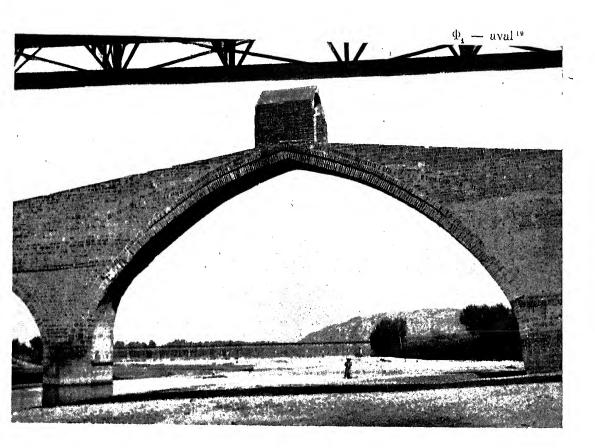
14. - Croizette-Desnoyers, « Construction des Ponts », Tome I, p. 45.

15. — Photographie qu'a bien voulu remettre M. Juan B. Uriarte.

16. — \mathbf{C}^1 r^{te} ($\gg 40^{\text{m}}$)¹ — Tome I, p. 15.

3. — PONT DU DIABLE, SUR LE LLOBREGATIT, A MARTORELL18

(ESPAGNE, - Catalogne)



Voici les dimensions exactes de la voûte²⁰:

Portée... 37m30,

Montée... 15^m20,

C'est une ogive surbaissée, — forme rare et intéressante, — déformée en élévation et en plan. Une petite chapelle en charge utilement la pointe.

D'après l'appareil et le mode de construction, les culées, les bases des piles et l'arc de triomphe de la culée gauche, qui sont en grandes pierres de taille, sont romains. Les voûtes actuelles, en deux rouleaux superposés, et en petits matériaux, sont du Moyen-âge.

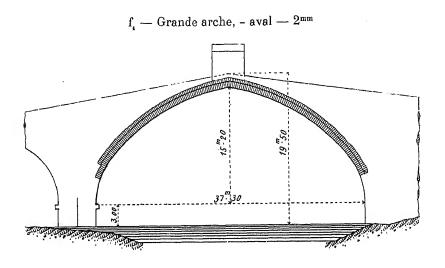
^{17. --} et non sur la Noya comme le disent à tort Gauthey (Construction des Ponts, Tome I, p. 35), puis Croizette-Desnoyers (Construction des Ponts, Tome I, page 43).

^{18. -} Station du chemin de fer de Barcelone à Tarragone.

^{19. –} Ce que j'ai vu – septembre 1907.

^{20.} Egracieusement relevées sur ma demande, fin 1907, par M. Ortega, Ingénieur des Ponts et Chaussées à la Direction des Travaux Publics de la Province de Barcelone.

314 voûtes inarticulées auxquelles on a attribué a tort 40m ou plus L'ouvrage a été restauré en 1768 21.



Une inscription de 1768, dans la chapelle de la clef, l'attribue à Annibal 21. La forme et l'appareil de l'ouvrage ne permettent pas de l'admettre ; l'Histoire non plus 22.

21. — « Por los años de 535 de la fundación de Roma fué construído este admirable puente por el « grande Anibal Capitán Cartaginés, é hiso erigir el Arco Triunfal que aun existe á su salida, en honor « de su padre Amilcar. Después de 1985 años de duración, se hallara esta Fábrica muy mal tratada y en « estado de arruinarse enteramente; Pero á fin de conservar un Monumento de tan rura antigüedad lo « mandó restablecer en este año de 1768 la Magestad del Señor Don Carlos III Rey de España,... »

Texte qu'a bien voulu collationner, en 1913, M. l'Alcalde de Martorell.

- En effet, d'après l'inscription a, ce pont aurait été construit 1985-1768=217 aus avant J.-C.

22. — En effet, d'après l'inscription ", ce pont aurait été construit 1983—1708=217 aus avant J.-C. (L'inscription admet que la fondation de Rome est en l'an 535+217=752 avant J.-C. — Duruy (« Histoire des Romains », vol. 1, p. 7) adopte 754.

En 227, Asdrubal, gendre d'Amilear, a conquis l'Espagne jusqu'à l'Ebre où les Romains l'arrêtent par un traité. En 221-220, Annibal, qui lui succèda dans le commandement des armèes puniques, achève la soumission de l'Espagne jusqu'à l'Ebre.

En 219, il se jette sur Sagonte et l'emporte. Au printemps de 218, il part de Carthagène ; cinq mois après, il est à Turin (Duruy : « Histoire des Romains », volume 1; — Polybe : « Histoire générale », livres II et III).

Ainsi Annibal n'a put Inverser l'Ebre degual est avence à 40 liques en surd de Martonell) avant 219

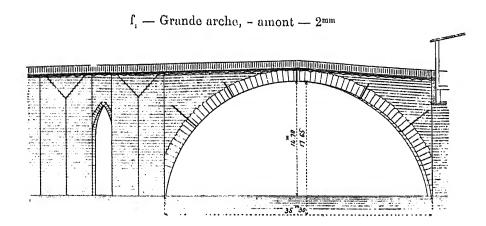
Ainsi, Annibal n'a pu traverser l'Ebre (lequel est encore à 40 lieues au sud de Martorell) avant 219, Alnsi, Annibal n'a pu traverser l'Epre (lequel est encore à 40 neues au sud de Martoren) avant els, à cause du traité d'Asdrubal; — ni en 219, à cause du siège de la grande ville de Sagonte qu'il n'emporte qu'après huit mois d'une résistance furieuse, ce qui ne lui a pas permis de distraire une partie de ses forces pour aller, en pays ennemi, où les Romains avaient déjà pris pied, à 80 lieues de Sagonte, faire construire un pont qui a demandé beaucoup plus d'une année et dont il n'avait que faire, puisque le Llobregat est presque partout guéable. En 218 seulement, il franchit l'Ebre, mais pour suivre à marches forcées la route d'Italie. Le pont qu'on lui attribue, étroit et à très fortes pentes, ne permettait pas le passage de sa cavalerie et, encore moins, de ses éléphants.

sa cavalerie et, encore moins, de ses éléphonts.

Après 218, il ne revint plus en Espagne, que fermaient aux armées puniques les victoires des Scipions.

4. — PONT DE VILLENEUVE D'AGEN, SUR LE LOT (LOT-ET-GARONNE)

Route Nationale nº 21 de Paris à Barèges



Toni Fontenay le donne comme construit en 1732, avec une voûte en plein cintre de 40^m43^{2s}.

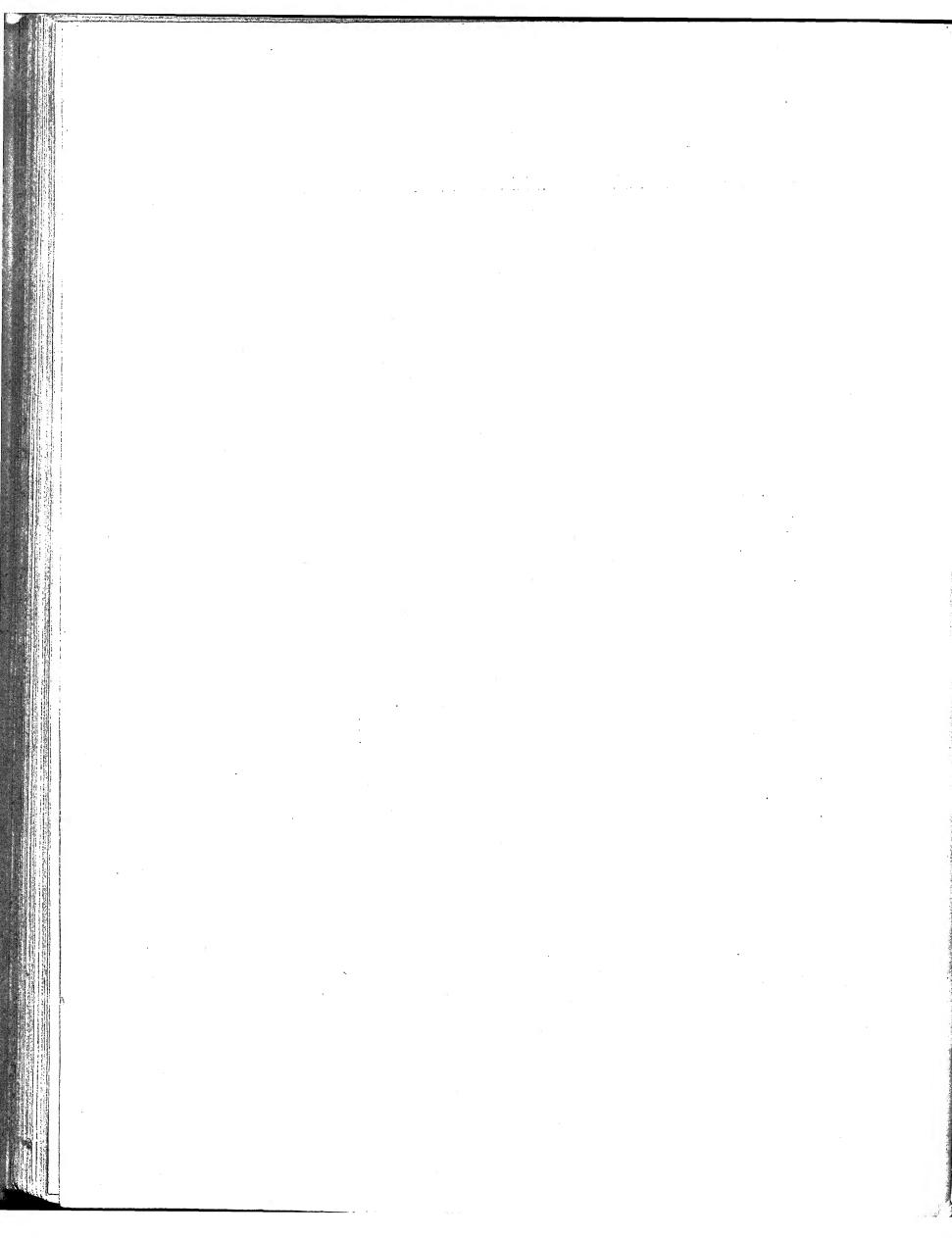
La grande arche a exactement 35°30 24.

Elle a été construite par Richelieu, en 4642-4643, à la place de deux arches du pont anglais de la fin du XIII siècle, emportées en 463626.

^{23. —} Toni Fontenay, « Construction de Viadues, Ponts-aquedues, Ponts et Ponceaux en maçonnerie », Paris, 1852. — Statistique, p. 278, 279, nº 142.

^{24. -} Renseignement gracieusement donné par M. Thérel, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à Agen (Relevès faits en 1852).

^{25. —} Fernand Cassany de Mazet : « Histoire de Villeneure-sur-Lot », (Bibliothèque Nationale, L', 1030 -- A).



III. B. — PONTS RUINÉS

1. — PONT SUR LA NERA, PRES DE NARNI (ITALIE, - Ombrie)

Il a été construit par Auguste sur la voie Flaminienne.

Gauthey décrit un viaduc sur la Néra, près de Terni, à 17 arches de 40^{m} en plein cintre, sur piles hautes de 34^{m} .

C'était un pont à 4 arches de 20^m50⁵, 34^m75, 45^m75, 45^m75, ouvertures mesurées sur les dessins de M. Choisy⁴.

Les deux naissances de la grande arche sont à des niveaux différents.

« L'arche rampante de Narni demeure une des plus remarquables conceptions « de l'architecture antique 4 ».

Ca été peut-être la plus grande voûte romaine".

L'ouvrage a péri parce qu'il était mal fondé 4.

2. — PONT DE TRAJAN, SUR LE DANUBE (HONGRIE)

D'après Perronet, « le pont construit à Worhel, sur le Danube, en Hongrie, « par Trajan, d'après les dessins d'Apollodore de Damas, était composé de « 20 arches; chacune de 170 pieds d'ouverture en plein cintre (55°22)...»

Ces assertions sont empruntées en partie à Dion Cassius (Epit., lib. LXVIII-13).

- 1. à environ 100° à l'Est de Rome, sur la route d'Ancône.
- 2. a Construction des Ponts », Tome I, p. 20, Pl. IV, fig. 68, Paris 1809.
- 3. Arche restaurée. La route d'Ancône passe dessous.
- 4. « L'Art de hâtir chez les Romains », p. 139, 140, Pl. XXI, Paris 1873.
- La Pi. XXI est reproduite dans la « Construction des Ponts » de Croizette-Desnoyers, Tome I, p. 12, et dans les « Ponts en maçonnerie » de MM. Degrand et Résal, Tome II, p. 38.
- 5. Viendraient ensuite les deux pleins cintres de 28^m et 30^m du pont d'Alcantara sur le Tage, province de Cacérés, construit par Trajan en 98. (Croizette-Desnoyers, « Construction des Ponts », Tome I, p. 16).
- 6. à 21° en aval d'Orsova, Rapport de M. Lalanne, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Président de la Commission technique pour la construction d'un pont sur le Bas Danube, 30 décembre 1879. (Annales des Ponts et Chaussées 1880, 2° sem. p. 267 à 296.
- 7. « Mémoire sur les moyens de construire de grandes arches de pierre de 200, 300, 400 et jusqu'à « 500 pieds d'ouverture », Art. 105 », Paris, 1793.

D'après la même source, Gauthey en a établi un dessin. Il spécifie : « les « pierres qui servirent à construire ce pont étaient énormes ⁸ ».

Or, d'après un bas-relief de la Colonne Trajane donnant une vue, d'ailleurs, « toute conventionnelle » °, et d'après une médaille de la Bibliothèque Nationale 10, le pont était en charpente, à 3 cours d'arcs 11, 12.

Il avait 21 travées de près de 36^m 6.

3. — PONT DE JUSTINIEN, SUR LE FLEUVE SANGARIS (ASIE-MINEURE)

Perronet cite: « L'arche de 200 pieds (64^m97) d'ouverture en plein cintre « construite par Justinien sur le fleuve Sangaris dans l'Asie-Mineure ¹³... »

Or, le pont de Justinien, près d'Ada-Bazar, est composé de huit arches de 23^m au plus, et il n'y a pas en Asie-Mineure d'autre arche antique de grande portée ¹⁴.

Ce pont n'est d'ailleurs pas sur le Sakaria (ancien Sangaris), mais sur un affluent, le Tchark-Son.

Il existe, en un point du Sakaria, en amont du confluent avec le Tchark-Son, sur chaque rive, des vestiges d'ancienne maçonneric. Le Sakaria, très encaissé en ce point, y a de 60 à 70^m de largeur; mais il n'existe aucune trace de route ayant jamais pu y aboutir ¹⁵, et il n'est pas vraisemblable que ces ruines soient d'anciennes culées ¹⁶.

- 8. Gauthey, « Construction des Ponts », Tome I, p. 20, Pl. IV, fig. 69.
- 9. M. Choisy: « Art de bâtir chez les Romains », p. 161, 162.
- 10. Reproduites par Duruy: « Histoire des Romains », Tome IV, p. 753.
- 11. Voir aussi « La Colonne Trajane d'après le surmoulage exécuté à Rome en 1861 et 1862 » par W. Froehner, Conservateur du Louvre, Paris, Rotschild, 1871.
- 12. M. Choisy en a essayé une restitution. « Histoire de l'Architecture ». Paris. Gauthier-Villars, 1899. Tome I, p. 533.
- 13. « Mémoire sur la recherche des moyens de construire de grandes arches de pierre de 200, 300. « 400 et jusqu'à 500 pieds d'oucerture », Art. 106, — Paris, 1793.
- 14. Renseignements qu'avait bien voulu me fournir M. Galland, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur au Ministère des Travaux Publics à Constantinople.
- On trouve un croquis et une description assez complète du pont de Justinien dans l'ouvrage de Charles Texier sur l'Asie-Mineure.
- 15. Renseignements fournis par l'Ingénieur résidant à Ada-Bazar, communiqués par M. Sellie, Ingénieur de la Compagnie des Eaux de Constantinople.
- 16. Renseignements qu'a bien voulu prendre récemment au Ministère des Travaux Publics de Turquie, M. Louis Godard, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

III. C. — PONTS QUI N'ONT JAMAIS EXISTÉ 1

1. — PONT DE MARBRE, SUR L'ARNO, A FLORENCE (ITALIE)

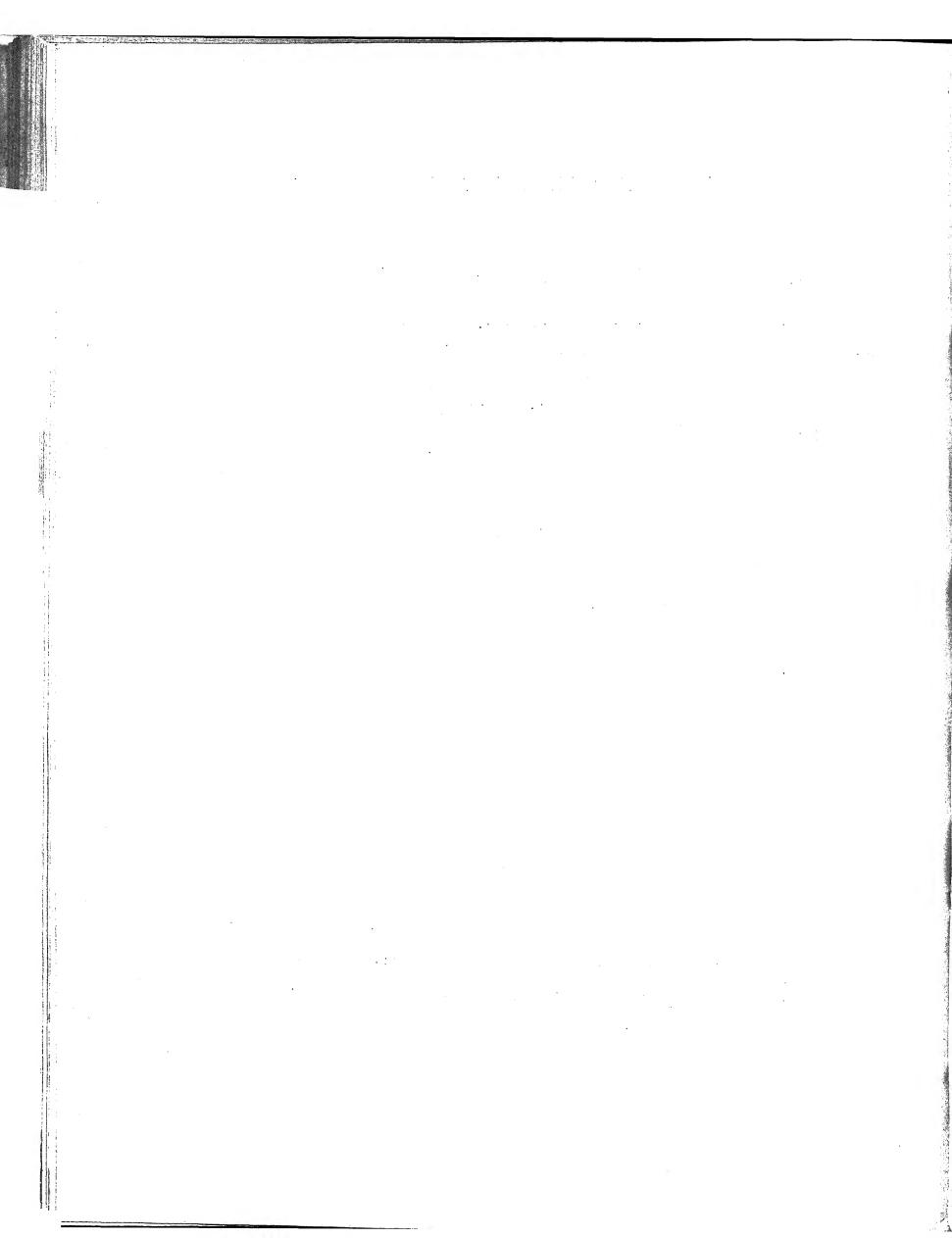
Gauthey en donne un dessin², et le décrit ainsi :

« Ce pont, bâti par Michel-Ange, est composé d'une seule arche en arc de « cercle, de 12^m23 d'ouverture et de 9^m1 de flèche... La voûte n'a que 1^m62 « d'épaisseur à la clef, et la corniche a été taillée dans les voussoirs, après l'affais- « sement de l'arche. Le parapet du pont est formé par des balustres; cet ouvrage « est d'une telle délicatesse, qu'à une grande distance, l'épaisseur à la clef disparaît « à la vue... »

Ce pont n'existe pas.

^{1. —} On a cité, comme en maçonnerie, le Pont de Vauxhall, sur la Tamise, à Londres : il est en acier.

^{2. - «} Construction des Ponts », Paris, 1809, Tome I, p. 23, Pl. I, fig. 17.



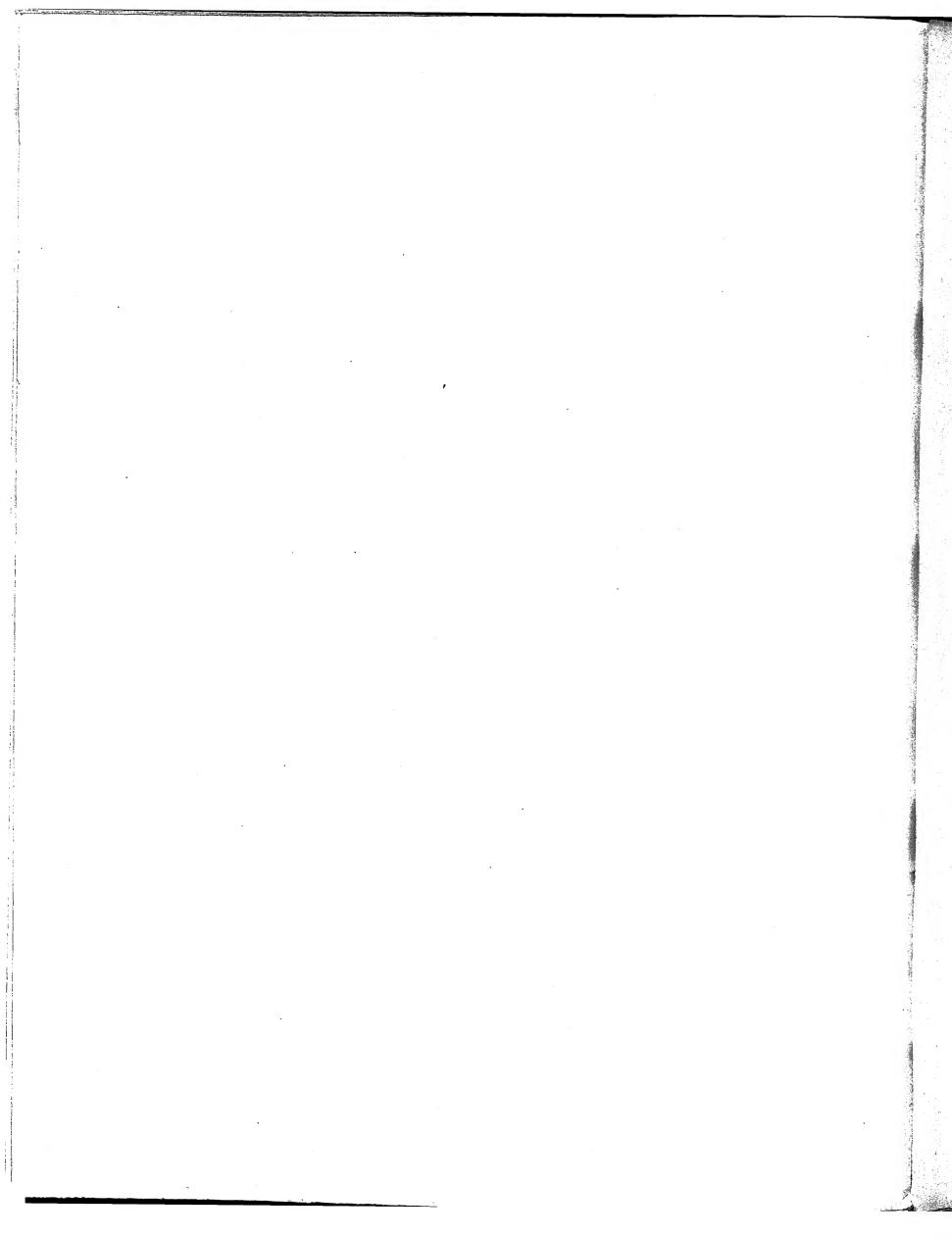
LIVRE II

CE QUE L'EXPÉRIENCE

ENSEIGNE DE SPÉCIAL

AUX

VOÛTES INARTICULÉES



TITRE I

COMMENT ON TRACE UNE VOÛTE

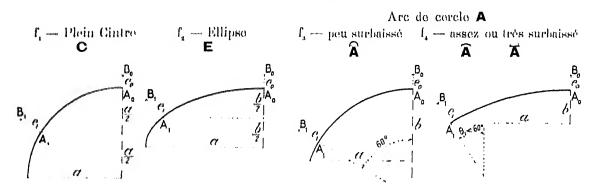
CHAPITRE I

PREMIÈRES INDICATIONS

L'intrados adopté, on a, par des formules empiriques, — c'est-à-dire par comparaison avec les voûtes faites, — d'après sa forme, sa portée, sa montée, l'épaisseur à la clef e_a , l'épaisseur e_i en un autre point.

Cet autre point est:

le milieu de la montée pour les pleins cintres et les ellipses (f_i, f_i) ; à 60° de la clef, pour les arcs peu surbaisssés $\widehat{\mathbf{A}}$ (f_i) ; la naissance, pour les autres $\widehat{\mathbf{A}}$, $\widehat{\mathbf{A}}$ (f_i) .



Ces deux points B_a B_t de l'extrados, on les réunit par une courbe qui sera presque toujours un arc de cercle.

On a ainsi, tout de suite, une voûte qui tient.

Cela suffit pour les voûtes courantes.

Mais les grandes, les très surbaissées, celles qu'on veut faire minces, sont tracées d'après leurs charges, leurs surcharges, et même, les variations de température, le vent, le freinage,... de façon à encadrer au mieux les courbes de pression.

Pour l'intrados, on ne s'en tient plus aux courbes usuelles : plein cintre, ellipse, arc de cercle ; on les déforme, on les cambre.

Peu importe que l'équation de la courbe soit simple ou compliquée ; avec un tableau d'abscisses et d'ordonnées, elle s'exécute très facilement.

Dans une voûte mieux tracée, on utilise mieux les matériaux; on réduit l'épaisseur et, avec elle, le poids et la poussée des voûtes, c'est-à-dire les piles et les culées.

CHAPITRE II

COURBES D'INTRADOS

§ 1. — PLEIN CINTRE C

Le plein cintre est la courbe la plus simple, la plus facile à tracer, à calculer, à exécuter; la plus connue des entrepreneurs, des charpentiers, des appareilleurs; celle de la plupart des voûtes romaines (ponts, aqueducs, portes de ville, arcs de triomphe, amphithéâtres,...)¹, des berceaux romans, des arcades de la Renaissance, de presque tous nos ouvrages courants, nos viaducs,...

§ 2. — COURBES ELLIPTIQUES SURBAISSÉES E

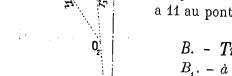
Art. 1. — Anse de panier.

A. – Définition. — Une anse ABCD (f_b) est faite d'une suite d'arcs de cercle S_1 , S_2 ,... tangents entre eux, décrits avec des rayons r_1 , r_2 ,... croissant des naissances à la clef.

Elle est à 3, 5,... (2n-1) centres.

On prend les rayons des naissances et de clef assez grands pour envelopper l'ellipse de mêmes sommets².

Pour les courbes peu surbaissées, $\frac{1}{2,5}$, $\frac{1}{3}$, on s'est souvent contenté de 3 centres. Au 1/4, les deux rayons seraient trop différents, les changements de courbure choquants : on augmente le nombre de centres : il y en a 11 au pont de Neuilly.



B. - Tracés d'anses de panier.

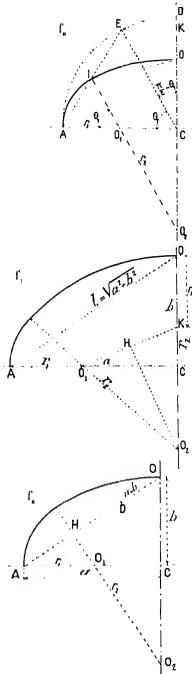
 B_i . – à 3 centres. — Bien qu'en pratique on leur doive préférer l'ellipse, j'indique quelques tracés d'anses de panier pour le cas où on en aurait à réparer ou à refaire.

1º - On se donne le 1º angle θ_i (f₀). — Décrire le 1/4 de circonférence A.D. — Tirer les cordes DE, EA. — Mener OI parallèle à DE, puis IO₂ parallèle à CE.

O, O, sont les centres cherchés.

1. — Les Romains l'ont peut être appris des Étrusques (Choisy : « Histoire de l'Architecture », I, p. 247, 513, 539, 587.

2. — Dans le cas de 3 centres, on vérifie facilement que pour avoir $r_2>\frac{a^2}{b}$, il faut avoir pris $r_4>\frac{b}{a}$ $\frac{a+b}{2}$.



Si $\theta_i = 60^{\circ}$, c'est l'ovale de Huyghens.

Si θ_i est tel que EK = $\frac{1}{2}$ CK (c'est-à-dire θ_i - 63°26'), c'est l'ovale « antique » ³.

L'ovale antique enveloppe l'anse de Huyghens; toutes deux enveloppent l'ellipse de mêmes sommets : aux reins, elles sont plus rondes.

 2^n - On se donne le premier rayon $\mathbf{r}_{\epsilon}(f_{\epsilon})$. — Prendre $OK = r_i$. Joindre O. K. Élever au milieu II une perpendiculaire à O_i K; elle donne r_{ij} .

Dans le triangle O, O, C, on a:

$$(r_{i} - r_{i})^{2} = (\alpha - r_{i})^{2} + (r_{i} - h)^{2}$$

$$r_{*} = \frac{l^{2} - 2 \, a \, r_{*}}{2 \, (b - r_{*})} \qquad \frac{r_{*}}{r_{*}} = \frac{l^{2} - 2 \, a \, r_{*}}{2 \, r_{*} \, (b - r_{*})}$$

Co rapport est minimum pour : $r_i = \frac{l}{2a} \left[l - (a - b) \right]$

On a alors:

$$r_{*} = \frac{a l}{l - (a - b)}.$$

Voici, pour avoir r_i , r_s , le tracé indiqué par Bossut 5 (f,) : il a été fort appliqué.

Sur la corde OA = l, prendre OD = a - b.

Alors A1) =
$$l - (a - b)$$
.

Sur le milieu II de AD, lui élever une perpendiculaire ; elle donne les deux centres O_1 , O_2^{-5} .

3. — Morandière, p. 173, Pl. 34, flg. 3.
On aurait amsi courbé des ressorts d'une machine de guerre (Notice et extraits des Manuscrits de la Bibliothèque nationale..., publiès par l'Institut National de France... (Tome 26°, Paris, Imprimerie nationale, MDCCCLXXVII, 2° Partie : « La Chirobaliste d'Héron d'Alexandrie », par Victor Prou, Ingénieur civil, p. 154, 155 », 156. 155 et 156).

3.
$$(O_3 \text{ K} + O_3 O_4 + r_2 + r_4)^2 + (b + r_4)^2$$
 (triangles semblables $O_2 \text{ H K}, O_4 \text{ K C})$

1. $O_{\mathfrak{g}} \times O_{\mathfrak{g}} O_{\mathfrak{f}} = r_{\mathfrak{g}} - r_{\mathfrak{f}} = \frac{(a - r_{\mathfrak{f}})^{\mathfrak{g}} + (b - r_{\mathfrak{f}})^{\mathfrak{g}}}{2(b - r_{\mathfrak{f}})}$ Le minimum de $r_{\mathfrak{g}} - r_{\mathfrak{f}}$ est pour $r_{\mathfrak{f}} - b - \frac{1}{\sqrt{2}} \left(a - b\right)$

L'anse ainsi tracée est désagréable.

5. — Pour le minimum de $\frac{r_2}{r_1}$, il faut en effet : $r_1 = \frac{OA \times AD}{2|AC|}$.

Or, c'est ce que donnent les triangles semblables A II O₁, A OC.

Cours de Mathématiques, 3^a Partie : « Traité élémentaire de géométrie et de la manière d'appliquer « Palgèbre à la géométrie », par M. Pabbé Bossut, de l'Académie Royale des Sciences,... Paris, Claude Antoine Jombert, Fils Ainé, M.DCC.LXXVII. Page 491 : « De la meilleure flyure des voûtes cintrées en « anse de panier à trois centres. »

 $B_{\tt s}.$ – à plus de 3 centres. — Pour 2 n–1 centres, n rayons, Michal a généralisé $^{\tt o}$ la méthode de Huyghens.

Ses anses ont les angles aux centres égaux, soit pour 2n-1 centres :

$$\theta = \frac{180^{\circ}}{2n-1}.$$

Les données sont a, b, 2n-1, d'où θ .

Sur les n rayons, n-2 sont arbitraires : Michal les a calculés pour que l'anse de panier se rapprochât le plus possible de l'ellipse de mêmes axes 7,8 .

Voici ses tables:

1 1	Anse de panier à :					
Surbaissement b	5 centres 3 rayons		ntres yons		9 centres 5 rayons.	
$\sigma = \frac{1}{2 a}$	$\frac{I_1^{\prime}}{a}$	$\frac{r_i}{a}$	$\frac{1'_2}{a}$	$\frac{I_1^*}{a}$	$\frac{r_2}{a}$	$\frac{r_3}{a}$
0,20 0,21 0,22 0,23 0,24	Angle aux centres: $\frac{180^{\circ}}{5} = 36^{\circ}$	1000	centres:	0,166 0,185 0,203 0,222 0,240	0,228 0,251 0,276 0,296 0,318	0,443 0,474 0,504 0,535 0,556
0,25 0,26 0,27 0,28 0,29 0,30 0,31 0,32 0,33 0,34 0,35 0,36	0,396 0,423 0,450 0,477 0,504 0,530 0,556	0,205 0,289 0,312 0,336 0,359 0,383 0,406 0,431 0,455	0,419 0,445 0,472 0,498 0,525 0,551 0,578 0,604 0,630	0,259	$0,341$ ingle aux centre $\frac{180^{\circ}}{9} = 20^{\circ}$	0,597

Emploi des tables de Michal. — Tracer une anse à 7 centres, pour $a=15^{\rm m},$ $b=7^{\rm m}50~(\sigma=0.25)~(f_{\rm p}).$

$$\frac{r_4}{a} = 0,265$$
, d'où $r_4 = 3^{m}990$.

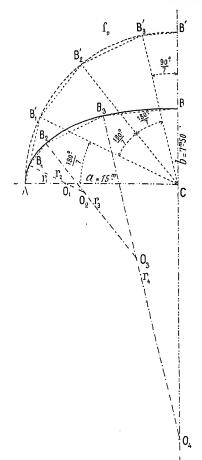
$$\frac{r_2}{u} = 0.419$$
, d'où $r_2 = 6^{m}30$.

^{6. —} Annales des Ponts et Chaussées, 1831, 2° semestre, Tome II, p. 49 : « Notice sur les courbes en « anse de panier employées dans la construction des ponts. »

^{7. — «} Dans cette intention nous adopterons pour longueur de chacun de ces rayons le rayon de « courbure qui, dans l'ellipse correspondante à l'anse de panier à tracer, partagerait en deux parties « égales chacun des arcs de l'anse de panier. » (Id., p. 52 et 53).

^{8. —} Lerouge (Annales des Ponts et Chaussées, 1839, 2° semestre, Tome II, p. 335) a cherché, lui aussi, à construire des anses très voisines de l'ellipse; ses rayons croissent en progression arithmétique; il trouve un nombre excessif de centres (déjà 15, pour σ =0,31).

Les méthodes Michal et Lerouge ont été résumées dans leur Cours de Ponts : par Morandière p. 172 à 178 (Paris, Dunod, 1874); par Croizette-Desnoyers, Tome I, p. 395 à 401 (Paris, Dunod, 1885).



Avec r_i , on place O_i sur AC; on décrit l'arc AB_i de 25%2'51".

O, B, est parallèle à CB'.

Avec re, on place Oe sur BOO; on décrit l'arc B. B. de

O, B, est parallèle à CB', et B, B, à B', B',

Puis, comme pour l'anse à 3 centres, on tire $B_{\mathfrak{s}}B_{\mathfrak{s}}$ parallèle à B', B', BB, parallèle à B' B',

On mène par $B_{\mathfrak{s}}$ une parallèle à $B'_{\mathfrak{s}}$ C ; elle donne $O_{\mathfrak{s}},$ $O_{\mathfrak{s}}.$

C. - Emploi. — On a fait autrefois grand usage de l'anse de panier, parce que l'on considérait comme fort avantageux de tracer l'intrados avec le compas.

Or, on ne trace au compas que le dessin sur le papier. C'est par abscisses et ordonnées que, sauf pour les tout petits ouvrages, on trace l'intrados en vraie grandeur.

Les anses de panier ont, presque toujours, des jarrets ou une brisure aux changements de rayons.

On n'en fait presque plus.

Art. 2. — Ellipse. — Ce n'est guère qu'au XIXº siècle 10, qu'on

9. — On a dit que les voûtes du pont de Toulouse (1543-1632 ?) sont les premières de France en anse de panier.

Au XVIIIe siècle, on a fort employé les anses, très souvent à 3 centres : Ponts de Vizille, Lavaur, Gignac (Tome I, p. 93, 97, 103); Ponts de Blois (1716-1724), d'Orléans (1750-1760), de Moulins (1756-1764), de Saumur (1756-1770)....

de Saumur (1756-1770)....

Dans la 2º moitié du XVIII., Perronet a tracé avec 11 centres les arches des Ponts de Mantes (1757-1765), de Nogent (1766-1769), de Neuilly (1766-1774). Celles de Tours (1764-1777) ont aussi 11 centres. Sauf Neuilly, surbaissé au 1 4, les autres ne le sont qu'au 1/3, ou très peu plus.

On trouve encore quelques anses de panier dans la 2º moitié du XIX. siècle, et même après. On a décrit, Tome I: les ponts Annibal (1868-1870) (p. 412) et du Diable (1871-1872) (p. 416), 5 centres; le pont de Signac (1871-1872), 19(!) centres (p. 431); le pont de l'Avenue Edmondson à Baltimore (1908-1909), 3 centres (p. 122), le pont de l'Empereur François à Prague (1898-1901), 7 centres. (p. 168).

10. — Dupuit croit que c'est par ignorance que les anciens constructeurs préféraient l'anse de panier (« Equilibre des voûtes », Paris Dunod, 1870, p. 214).

Mais, bien avant le XIX° siècle, on connaissait « l'ovale du jardinier » ; on savoit la tracer à l'aide d'un cordeau attaché à ses deux loyers.

Belidor l'indique pour tracer un intrados (« Architecture hydraulique », - 2º Partie, Tome II, Livre IV, Chapitre XI, p. 443; Paris M.DCC.LXXXX). J'ai décrit, Tome I, les ponts anglais en ellipse de Gloucester (1826-1827) p. 107, de Londres (1824-1831)

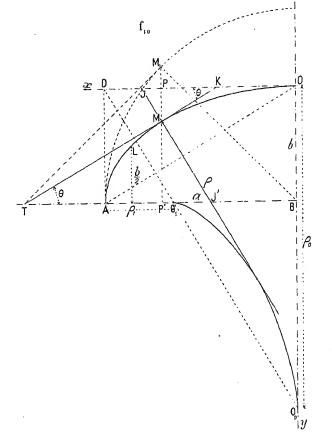
Le pont de Waterloo à Londres (1816-1818) était encore en anse de panier.

En France, ce n'est que dans la 2º moitié du XIXº qu'on commence à employer couramment

A Paris: Pont de l'Alma (1854-1855) (Tome I, p. 153); Pont au Change (1859-1860); Pont Louis-Philippe (1860-1862); Pont de Bercy (1863-1864).

Sous chemin de fer: Ponts de Chalonnes et de Nantes (1863-1866).

Les premiers grands ponts de chemin de fer (Ponts de Cinq-Mars, 1846-1847, de Port-de-Piles, 1846-1848; — les ponts de Morandière: Montlouis, 1843-1845, Plessis-lez-Tours, 1855-1857) étaient encore en anse de panier.



s'est enfin avisé qu'au lieu de construire, assez péniblement, des anses de panier se rapprochant de l'ellipse, il était bien plus simple de calculer les ordonnées d'une ellipse 11.

()n a:

Equation (f_{ij}) :

$$y = b \left(1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{u^2}} \right)$$

Inclinaison de la tangente sur ow, ou de la normale sur oy.

Tang
$$\theta = \frac{b}{a^2} \frac{x}{\sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}} = \frac{b^2}{a^2} \frac{x}{b - y}$$
.

Sous-tangente PK : $\mathbf{S_t} = \frac{a^2 y}{b^2 x} \; (b-y).$

On a de suite la tangente en menant $T\,M_i$ tangente en M_i , dont M est la projection, et tirant $T\,M$.

Normale

 $PJ = \frac{b^2}{a^2} \frac{x y}{b - y}.$ $P'J' = \frac{b^2}{a^2} x. - Elle est proportionnelle à l'abscisse.$

On construit, ou on calcule ainsi très facilement les normales.

Milieu de la montée
$$y' = \frac{b}{2}$$

$$\begin{cases} \text{Abscisse} : x' = \frac{a\sqrt{3}}{2}. \\ \text{Tang } \theta' = \frac{b}{a}\sqrt{3} = 2 \sigma \sqrt{3}. \\ \text{Sous-normale} = \frac{b^2\sqrt{3}}{2a} = 2 a \sigma^2 \sqrt{3}. \end{cases}$$

Point pour lequel la normale est à 60° sur la verticale

$$x = \frac{a^2 \sqrt{3}}{\sqrt{3 a^2 + b^2}} \qquad y = b \left[1 - \frac{b}{\sqrt{3 a^2 + b^2}} \right]$$

11. — Au Tome V, Appendice, on trouvers, dans un extrait des tables de Legendre, le développement des arcs $O\Lambda$ et OL.

on M:
$$\rho = \frac{a^2}{b} \left(1 - \left(1 - \frac{b^2}{a^2} \right) \frac{x^2}{a^2} \right)$$

Rayon de courbure ;

en M: $\rho = \frac{a^2}{b} \int 1 - \left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right) \frac{x^2}{a^2} \int_{\frac{a^2}{a}}^{\frac{3}{2}}$ en O: $\rho_0 = \frac{a^2}{b} \int_{0}^{\infty} \frac{\text{Tracons le rectangle ODAB, sa diagonale OA:}}{\text{sur Ia perpendiculaire à OA menée par D sont}}$ en A: $\rho_1 = \frac{b^2}{a} \int_{0}^{\infty} \frac{\text{Tracons le rectangle ODAB, sa diagonale OA:}}{(O_0 O - \rho_0)}$

en 1. (milieu de la montée) : $\rho_1 = \frac{(a^2 + 3b^2)^{\frac{5}{2}}}{8ab}$

L'enveloppe des normales à l'intrados (sa développée) rapportée à BA, BO est :

$$(aX)^{\frac{9}{3}} + (bY)^{\frac{9}{3}} = (a^2 - b^2)^{\frac{3}{3}}$$

Elle peut servir à tracer rapidement sur le papier les joints des bandeaux.

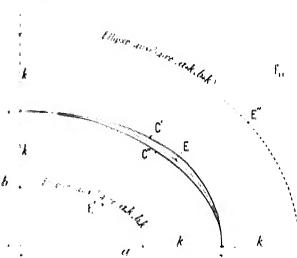
L'ellipse est très gracieuse, surbaissée à plus de 1/3,5, à moins de 1/5.

Le rayon de courbure au sommet, $\rho_0 = \frac{a}{2\frac{\sigma}{\sigma}}$, augmente vite avec le surbaissement : une ellipse de 40™ au 1-6 a le cerveau d'un plein cintre de 120™.

Perronet lui a reproché, - à tort, - d'avoir un trop petit rayon de courbure aux maissances $\frac{h^2}{t}$, et d'être difficile à exécuter $\frac{12}{t}$.

Art. 3. — Courbe parallèle à une ellipse. — Soit (f_u) une ellipse E (a, b).

Considérons deux ellipses auxiliaires E' $(a+k,\,b+k)$, E' $(a+k,\,b+k)$ et



traçons, à une distance k_i la courbe C'parallèle extérieure à E', la courbe C" parallèle intérieure à E¹¹¹ 18.

E, C', C' ont les mêmes som-

C'' est intérieure à E ; C', exté-

Leurs rayons de courbure sont : pour C', ceux de E' augmentés

pour C", ceux de E" diminués

done
$$n$$
 in clof \max max massances $\lim_{k \to \infty} C$ $\lim_{k \to \infty} \frac{(n-k)^2}{h-k} + k$ $\lim_{k \to \infty} \frac{(h-k)^2}{n-k} + k$ plus grands que ceux de E. pour C $\lim_{k \to \infty} \frac{(n+k)^2}{h+k} + k$ $\lim_{k \to \infty} \frac{(h+k)^2}{n+k} + k$ plus petits que ceux de E.

12 chique petite portion de l'ellipse étant d'une courhure différente, son exécution était trop deflicite et assujettissante pour les Curriers; et les parties de la roûte elliptique les plus proches des nuivaunres ne s'elerant pas asse; à proportion de la clef, oppositent encore trop d'obstacle au cours de l'essa deux le temps des crives..... « (Perronel : « Description des projets et de la construction des Ponts de Newilly, de Mintes,..... » Fome I, p. 55, Paris, Imprimerie Royale, M.DCCLXXXII.

L'erronet, a Newilly, n'a pourfant pas craint les tracés compliques.

13 t ne chipse et toutes ses parallèles out même developpée ; on les peut tracer en deroulant un fil enroule sur cette developpée.

On construit facilement C'C' en ajoutant ou retranchant k aux normales aux ellipses E', E' : il est assez laborieux de les calculer 14 .

On ne se sert pas assez de ces courbes : elles sont agréables ; — le rayon de courbure y croît continuement à partir de la clef ; — elles n'ont pas de faux sommets.

Art. 4. — Ellipse déformée, en ajoutant à ses ordonnées, ou en en retranchant, la différence n entre celles d'un arc et d'une ellipse auxiliaires.

A. - en ajoutant n (Courbes intérieures à l'ellipse). — Dans la monographie du pont des Amidonniers, j'ai indiqué (Tome I, p. 194) comment on peut tracer graphiquement et calculer un intrados de mêmes sommets qu'une ellipse a, b, mais intérieur à elle, en ajoutant à l'ordonnée PM d'un arc de cercle de portée 2a, de flèche b-p, l'ordonnée KN d'une ellipse a, p (f_n).

14. — Equation de C', extérieure à l'ellipse E. Soient (f_{12}) : M (x, y) un point de l'ellipse auxiliaire E' (a-k, b-k):

$$\frac{x^2}{(a-k)^2} + \frac{y^2}{(b-k)^2}$$

M, (X, Y) le point correspondant de la courbe C' parallèle extérieure à E' à la distance k. On a :

(II)
$$\begin{cases} x & (a-k)\cos \varphi \\ y & (b-k)\sin \varphi \end{cases}$$

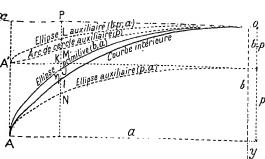
$$(X & (a-k)\cos \varphi + k \frac{(b-k)\cos \varphi}{\sqrt{(b-k)^2\cos^2 \varphi + (a-k)^2\sin^2 \varphi}}$$

$$(Y & (b-k)\sin \varphi + k \frac{(a-k)\sin \varphi}{\sqrt{(b-k)^2\cos^2 \varphi + (a-k)^2\sin^2 \varphi}}$$

en fonction de tang $\frac{\varphi}{2}$

(III)
$$\begin{cases} X + (a-k) \cdot \frac{1-t^2}{1+t^2} + k \frac{(b-k)(1-t^2)}{\sqrt{(b-k)^2(1-t^2)^2+t^2}(a-k)^2} \\ Y + (b-k) \cdot \frac{2t}{1+t^2} + k \frac{(a-k)(2t)}{\sqrt{(b-k)^2(1-t^2)^2+t^2}(a-k)^2} \end{cases}$$

On passe de C' à C" en changeant le signe de k.



PI = PM + KN = R
$$\left[1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}\right] + p \left[1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}\right]$$

avec $R = \frac{a^2 + (b - p)^2}{2(b - p)}$

L'ordonnée PJ de l'ellipse à déformer OJA augmente de : $IJ = \eta = P\hat{I} - PJ =$

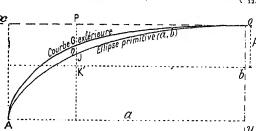
$$= R \left[1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}} \right] - (b - p) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \right]$$

C'est la différence LM des ordonnées de l'arc OMA' et d'une 2° ellipse auxiliaire OLA' (a, b - p).

En faisant varier p, on peut avoir le rayon de courbure à la naissance de la courbe résultante $\rho_1 = \frac{p^2}{a}$ aussi petit, par conséquent la courbe aussi pointue que l'on veut.

On obtient ainsi toutes les courbes intermédiaires intérieures à l'ellipse, depuis l'ellipse a, b pour p = b, jusqu'à l'arc de cercle pour p = 0.

B.-en retranchant a (Courbes extérieures à l'ellipse). — Au lieu d'ajouter à PJ la différence $\eta = JI = LM$ (f_{13}), retranchons-la.



On a
$$(f_{1i})$$
: $PG = PJ - \eta = Y'$

$$\begin{vmatrix} p \\ p \end{vmatrix} = (2b - p) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}\right] - R \left[1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}\right]$$
Posons (comme Tome I, page 194, renvoi 3):

$$\beta = \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \qquad \gamma = \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}$$

Tang
$$\theta$$
 (inclination sur ow) = $\pi \left[\frac{2b-p}{a^2\beta} - \frac{1}{R\gamma} \right]$

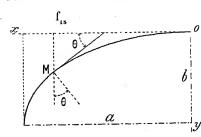
$$\rho \text{ (rayon de courbure en G)} = \frac{\left[\beta^2 \gamma^2 + x^2\right]^{\frac{2}{2}b - p} \gamma - \frac{\beta}{R}^2}{\frac{2b - p}{\sigma^2} \gamma^3 - \frac{1}{R}\beta^3}$$

Rayon de courbure
$$\begin{vmatrix} A & \text{la clef} \\ x = 0 & \beta = 1 & \gamma = 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A & \text{ux naissances} \\ x = \alpha & \beta = 0 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} a^2 & 0 & \infty \\ a^2 + (b-p)^2 & (2b-p)(b-p)^2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} (2b-p)^2 & \text{c'est celui de l'ellipse } (a, 2b-p). \end{vmatrix}$$

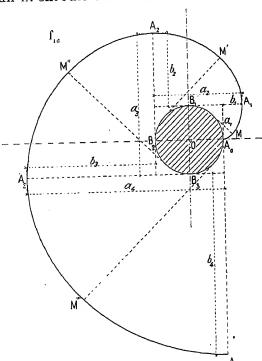
Art. 5. — Projection de chaînette. — On l'a déjà vue aux ponts Boucicaut 16 et d'Orléans 17. On dira plus loin 18 que c'est la courbe d'équilibre d'une voûte infiniment mince, ayant pour ligne de charge une horizontale.

15. — et non $\frac{P}{R}$, erreur typographique de la page 194 du Tome I, déjà signalée à l'Errata du Tome I. 16. — Tome III, p. 243. 17. — Tome III, p. 255. 18. — Tome III, Livre II, Titre III, Chap. II, § 2, art. 4.



jusqu'à l' ∞ : pour y_i , il y a un faux sommet; il est bon pour l'aspect qu'il soit plus bas que les naissances, soit $y_{\scriptscriptstyle 1} > b$. 20

Art. 6. — Développante de cercle. — Déroulons à partir de A. un fil enroulé sur la circonférence O 21 (f,6).



A chaque quadrant A, B, B, B, ... correspondent des segments de développante A, A, A, A, à forme d'ellipse surbaissée, d'abord à 0,285, puis à 0,414,....²²

En un point quelconque, le rayon de courbure est l'arc de la circonférence développé. Il est nul en A,; il croît indéfiniment.

Deux tangentes quelconques à angle droit interceptent des arcs MM', M'M", M"M",... à forme d'ellipse : M variant, on a tous les surbaissements de 0,285 à 0,50.

Ces arcs sont toujours intérieurs à l'ellipse de mêmes sommets : moins de débouché, moins bon aspect.

Il est très facile de tracer la développante, moins de la calculer.

19. — On peut la calculer avec des tables de fonctions hyperboliques (par exemple celles de Houel, Paris, Gauthier-Villars, 1885).

Sin. hyper. de
$$x:(Shw)=\frac{e^x-e^{-x}}{2}$$

Cos. hyper. de
$$w$$
: $(Ch.v) = \frac{cx + c^{-x}}{2}$

20. — Au pont Boucicaut $b=5^{\rm m}$; $y_4=5^{\rm m}22$; au pont d'Orléans $b=5^{\rm m}80$; $y_4=6^{\rm m}03$. On n'y voit pas de faux sommet.

21. - Comme toutes les courbes que l'on peut tracer avec un fil, elle doit être fort anciennement connue. Ferroni Pindique comme ayant été appliquée aux Ponts sur le Sestaion (ou Sestajone), (2 arches de 23 935 de portée, 8 173 de montée), et sur la Lima (Route royale de Pistoie à Modène), « tous deux

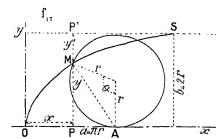
« dessinés par l'ex-jésuite Ximénès » **.

(Mémoire géométrique et historique inséré dans le Tome XIV de la Société italienne des Sciences, 1808 : « De la véritable « courbe des arches du pont de la Trinité, à Florence »).

Ferroni (Pierre), Florentin (1744-1825), professeur de mathématiques à Pise (Grande Encyclopédie).
 Ximénès (Léonard), Italien (1716-1786).

22. — Pour un quadrant d'ordre n, le surbaissement est : $\frac{1}{2} \times \frac{n \pi - 2}{(n-1) \pi + 2}$

Art. 7. — Cycloïde 23, 24 (f_{17}) . Projection de cycloïde. — La cycloïde est surbaissée à $\frac{1}{\pi}$: la portée impose la montée.



$$x = r (\theta - \sin \theta) y = r (1 - \cos \theta)$$

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{cotang} \frac{\theta}{2}$$

MA est normale en M.

L'enveloppe des normales est la même cycloïde, abaissée de 2 r, puis déplacée de $\pi\,r$.

$$\rho \text{ (en M)} = 4 r \sin \frac{\theta}{2} = 2 \text{ MA} \quad \text{arc SM} = 2 \sqrt{2 r y'}$$

Elle est à peine verticale aux naissances ($\rho_0 = 0$): l'aspect est médiocre ²⁴.

x et y de la cycloïde en fonction de θ (f₁₇)

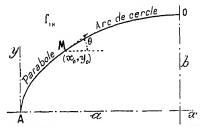
		· ·		(17)	
en degrés	en longueur d'arc de circonférence de rayon 1	sin 0	cos 0	$\frac{x}{r} = \theta - \sin \theta$	$\frac{y}{r} = 1 - \cos \theta$
0° 15° 30° 45° 60° 75° 90° 105° 120° 135° 150° 165°	0 0,26180 0,52360 0,78540 1,04720 1,30900 1,57080 1,83260 2,09440 2,35619 2,61799 2,87979 3,14459	0 0,25882 0,5 0,70711 0,86603 0,96593 1 0,96593 0,86603 0,70711 0,5 0,25882	1 0,96593 0,86603 0,70711 0,5 0,25882 0 0,25882 0,5 0,70711 0,86603 0,96593	0 0,00298 0,02360 0,07829 0,18117 0,34307 0,57080 0,86667 1,22837 1,64908 2,11799 2,62097 3,14159	0 0,03407 0,13397 0,29289 0,5 0,74118 1 1,25882 1,5 1,70711 1,86603 1,96593

Multiplions ses ordonnées par $\frac{k}{r}$: $x = r (\theta - \sin \theta)$ $y = k (1 - \cos \theta)$

Le surbaissement est $\frac{k}{\pi r}$: par k, on en dispose.

Art. 8. — Courbes elliptiques composées de deux courbes.

A. - Arc de cercle au cerveau, parabole aux reins (fis). — L'arc de cercle



du cerveau est continué aux reins par une parabole du 3º degré osculatrice $^{25, 26}$: $y^2 = Ax + Bx^2 + Cx^3$

On écrit : qu'elle passe par le point M ; qu'en M, elle a même tangente et même rayon de courbure que le cercle.

Si l'on veut une condition de plus, on ajoute un terme $\mathbf{D} x^4$.

Φ, - Intrados en cycloïde



23. — Petit pont en Etrurie sur le torrent Arzana (Ferroni, loc. cit., renvoi 21).

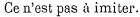
24. — Passage supérieur de Corabeuf (4) (Ligne d'Epinac à Dijon, 1901-03); projet et construction faciles.

25. — Pont de Valence, Tome I, p. 176. — J'avais proposé cette disposition en 1883 pour le pont de St-Waast sur l'Agoût (Ligne de Montauban à Castres, arche de 65"), projet qui n'a pas été approuvé.

26. — Au pont de la Croix sur le Doubs (Ligne de Frasne à Vallorbe) on a pris la parabole : $(y - m x)^2 - q w = 0$ simplement tangente en M (f_{12}) à l'arc du cerveau : elle y a à peu près même rayon de courbure.

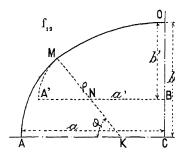
B. - Arc d'ellipse au cerveau, arc de cercle aux reins (f₁₀). — Au pont de Mauzac sur la Dordogne ²⁷, on a prolongé l'ellipse du cerveau O M par un arc

de cercle MA osculateur en M, ayant son centre K sur la ligne des naissances.



Le cercle osculateur, traversant la courbe, donne un jarret au point de tangence.

L'aspect est inférieur à celui de l'ellipse, dont la courbure diminue continuement de la clef aux retombées, le débouché, très peu augmenté.



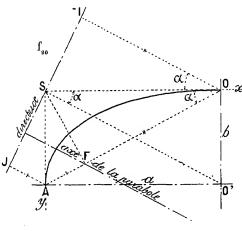
C. — Deux paraboles tangentes à l'ellipse a, b, au sommet et aux

naissances (f₂₀). L'équation:

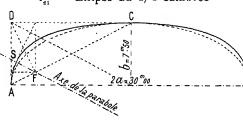
$$\left(\frac{y}{b} - \frac{x}{a}\right)^2 - 2\left(\frac{y}{b} + \frac{x}{a}\right) + 1 = 0$$

représente une parabole rapportée à Sx et Sy, tangente en O à Sx, en A à $Sy^{28,29}$.

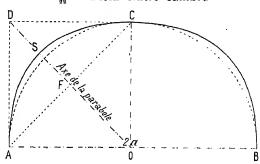
Les deux paraboles symétriques, tangentes en O, font une courbe elliptique qui enveloppe l'ellipse a, b, (f_{21}) le cercle a (f_{22}) .



f, - Ellipse au 1/4 cambrée



f₂₂ — Plein cintre cambrė



Ligne de Bergerac au Buisson (1876-1877).
 O M arc d'ellipse d'axes a', b'.

M A arc de cercle de rayon $\rho = M K$, rayon de courbure en M de l'ellipse α' , b'. Pour les 5 inconnues w, y, ρ , α' , b', on a les 5 équations:

$$a^{12} y^{2} + b^{12} w^{2} = a^{12} b^{12}$$

$$\rho = \frac{\left[a^{14} - (a^{12} - b^{12}) w^{2}\right]^{\frac{3}{2}}}{a^{14} b^{1}}$$

$$\rho \sin \varphi + b^{2} - y = b$$

$$\rho - \rho \cos \varphi + w = a$$

$$Tang \varphi = \frac{a^{12} y}{b^{12} w}$$

28. — C'est la parabole que l'on obtient en divisant en m parties SO, SA, et joignant.

29. — La droite SO' (de coefficient angulaire $\frac{b}{a}$) est parallèle à l'axe.

La directrice passe par S (angle droit circonscrit), est perpendiculaire à SO'. Elle est polaire du foyer F. Donc F est sur OA.

J'abaisse SF, perpendiculaire sur OA. — SOI, SOF sont égaux (SO commun, — angles égaux).

Donc OI = OF. F est le foyer.

COURBES ELLIPTIQUES SURHAUSSÉES E, au, ai § 3.

On a construit en ause de panier surhaussée : au xyme siècle, le pont de Ronda (Andalousie); en 1846-51, les viaducs sur le Gæltzsch et sur l'Elster Ligne de Leipzig à Hof) 32; tout récemment le pont de Wiesen 33.

C'est la courbe des souterrains à une voie.

Comme pour les voûtes surbaissées, on doit à l'anse de panier préférer l'ellipse, qui est-à courbure continue, qui n'a pas de jarrets, et qui, tout compte fait, est d'emploi plus facile.



§ 4. ARCS SURBAISSÉS A

Art. 1. — Arc de cercle. — C'est une courbe très simple, très facile à tracer, à exécuter; très naturelle, - même plus que le plein cintre, herges.

C'est celle de très anciens ponts 31.

$$h = 2 \, a \, \sigma \qquad \lim_{n \to \infty} \frac{\theta_1}{2} = \frac{b}{a} := 2 \, \sigma$$

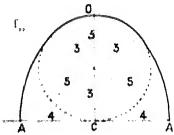
$$R = \frac{a^2 + b^2}{2 \, b} = \frac{a}{\sin \theta_1} = a \, \frac{1 + b \, \sigma^2}{b \, \sigma}$$

Pour un point M:
$$y = R \left(1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}\right)$$

$$x = R \sin \theta$$

$$y = R \left(1 - \cos \theta\right) = 2 R \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

Au Tome V. Appendice, on trouvera des tables numériques.



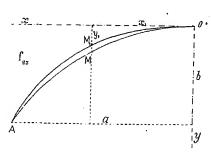
- 30. Les oyales surhaussés sont fort anciens. Ont été tracés d'appres le triangle égyptien (triangle rectangle 3, 4, 5 $\left(\sigma-\frac{6}{8}-0.75\right)(f_{ss})$) les berceaux du Ramesseum en Égypte: plus tard, de Firouz-Abad en Perse (Choisy: « Histoire de l'Architecture », Tome I, p. 53 et 123).
- 34. Le bercenn de l'église de Tournus est en ause de panier surhaussee, (id., Tome 11, p. 149).
- 32. Annales des Ponts et Chaussées, 1853, 1º semestre, p. 241 : Notes recueillies en 1851, pendant sa mission en Allemagne, par M. de Villiers, Ingénieur des Ponts et Chanssées.

Les arches centrales sont en anse de panier surhanssée à 3 centres (id., p. 253).

***	•			
		Arche centrale	(Étago supi	rieur)
	Hanteur			
	au «des»u» du lit	Portée et rayon aux naissames.	Montée	Rayon du cerveau
Viadue sur le Godizsch	1	30=87 30=59	20 = 30 10 = 50	14=15 14=10

33. - Tome I. p. 235.

34. — Sont en arc peu surbaissé ; le pont Fabricius, à Rome (An 63 avant J.-C.) (Raynaud ; « Traité » d'Architecture, — Edifices », p. 492, Pl. 69); les ponts de Nyons, de Tournon (Xive siècle) (Tome II, p. 25, p. 33), d'Avignon (Xive, de la Guillotière (Xiue), de Pont-Saint-Esprit (Xiue) (Tome II, p. 25, renvois 3, 4, 5).

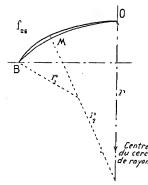


Art. 2. — Arc d'ellipse. — Proposons-nous de cambrer l'arc de cercle OMA (f,) suivant un arc d'ellipse OM, A passant par un point M_1 (x_1, y_1), choisi d'ordinaire vers les 70/100 de la 1/2 portée à partir de la clef.

Pour que l'arc d'ellipse:

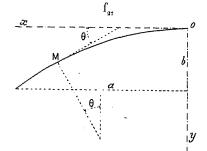
$$y = b' \left(1 - \sqrt{1 - \frac{x'^2}{a'^2}} \right)$$

passe par les points M, et A, il faut :



$$a' = \frac{b^2 x_1^2 - y_1^2 a^2}{2 \sqrt{y_1 b (b - y_1) (b x_1^2 - y_1 a^2)}} \quad b' = \frac{b^2 x_1^2 - y_1^2 a^2}{2 (b x_1^2 - y_1 a^2)}$$

Art. 3. — Arc d'anse de panier. — On a cambré en anse de panier des arcs OMB (f., 36.



Art. 4. — Arc de la courbe

$$y = b' \left(1 - \sqrt[n]{1 - \frac{r^2}{n^{1/2}}} \right).$$

Elle a 3 paramètres $a'b'n^{37}$.

La courbe doit passer par les naissances a, b. On dispose de deux conditions : par exemple

35. — En prenant, au Pont Boucicaut, Tome III, p. 243. $x_1 = 70/100$ de la 1,2 portée et l'y₁ de la projection de chaînette adoptée, on trouve : $\alpha' = 24^m 219$ $b' = 11^m 44$.

L'écart maximum entre les deux courbes est ± 31^{mm}.

Le rayon de courbure à la clef est : pour l'ellipse, 51"27; pour l'intrados adopté, 53"90; pour l'arc de cercle, 42 "50.

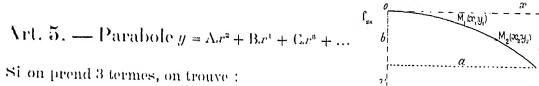
36 — Ponts allemands, en arcs très surbaissés, 🛣 r¹° (≥ 40°), Tome III :

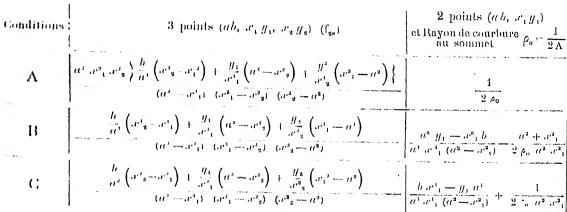
			,,			
	r. Clef	r _t Naissances		r. Clef	r _t Naissances	
Ziegenhals Michelau Schwusen Krappitz	50''' · 60''' 64'''1	25 ^m 676 26 ^m 637 40 ^m 41 ^m 90	Mehring Schweich Trittenheim	GO**	31*95 31*95 33*55	
$37 \text{Tang } \theta = \frac{2 \ell}{n a}$,, ,,,	$\frac{w}{1 - \frac{1}{1}}$	•	ı	'	

$$\varepsilon\left(\frac{\text{Rayon de courbure}}{\text{en M}}\right) = \frac{n \, a^{3/2}}{2 \, b^{3/2}} \frac{\left[\left(1 - \frac{x^{2}}{a^{3/2}}\right)^{2} - \frac{2}{n} + \frac{4 \, b^{3/2} \, x^{2}}{n^{2} \, a^{3/4}}\right]^{2}}{\left(1 - \frac{x^{2}}{a^{3/2}}\right)^{2} + \frac{1}{n^{2} \, a^{3/4}}}$$

$$\varepsilon_{0} \text{ (au sommet ())} \quad \frac{n \, a^{3/2}}{2 \, b^{3/2}}.$$

deux points, ou un point et le rayon de courbure au sommet 38.





Si on he prend que deux termes, on trouve;

Conditions
$$\begin{vmatrix} 2 \text{ points } (a \ b, x_1 y_1) \end{vmatrix} = 1 \text{ point } (a \ b), \text{ et } \rho_0$$

$$A \begin{vmatrix} a^3 \frac{y_1}{x^{a_1}} & a^{a_1} b \\ a^2 - a^{a_1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} b & y_1 \\ a^2 - a^{a_1} \end{vmatrix}$$

$$B \begin{vmatrix} \frac{1}{2^2 \rho_n} & \frac{1}{a^2} \left(\frac{b}{a^2} - \frac{1}{2^2 \rho_0} \right) \end{vmatrix}$$

Art. 6. — Courbe pour remplacer pratiquement une projection de chaînette, $y = \frac{h(n^2 - a^2)}{a^2}$. $\frac{x^2}{n^2 - x^2}$. — Les intrados des ponts Boucicaut^{an}, d'Avignon¹¹, sont en projection de chaînette, d'équation assez peu maniable : celle-ci, beaucoup plus simple, en est fort rapprochée 42.

38. — An pont de Luxembourg, on a écarté l'ellipse $y \approx 34,907 \left[1-\sqrt{1-0,00055} \ x^2\right]$ et adopté : - 141,2981 $1 - \sqrt[6]{1 - 0.0004}$ (Tome II, p. 68).

Les rayons de courbure sont : a in clef. $\rho_0 \approx 53 m08$; aux retombées $\rho_1 \approx 42 m19$. (Tome 11, p. 60), 1.a courbe enveloppe un arc de cercle de 48 m10 de rayon.

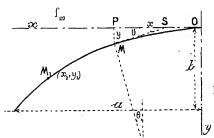
39. - Tome III, p. 243. 40. - Id., p. 255. 41. - Id., p. 270,

42.	и	b	n²	$m = \frac{b\left(n^2 - a^2\right)}{a^2}$	Ecart maximum en o'''001 par rapport à la courbe adoptée.
		THE STREET STREET, STR	Maryando us-taninamo-marcillas articolarens		Security of the contract of th
Pont Boucieaut (Tome III, p. 243) Pont d'Orleans (jd., p. 255)		5** 5**79	1661,09 2018,908	15,77161 29,440556	1 1 mm

On trouve (f_{20}) :

Tang
$$\theta = \frac{2 n^2 b (n^2 - a^2)}{a^2} \cdot \frac{x}{(n^2 - x^2)^2}$$
 Sous lang $PS = \frac{y}{lang \theta} = \frac{x (n^2 - x^2)}{2 n^2}$

Sous tang PS =
$$\frac{y}{\tan \theta} = \frac{x (n^2 - x^2)}{2 n^2}$$



$$\rho\left(\begin{array}{c} \text{rayon de courbure} \\ \text{en M} \end{array}\right) = \frac{\left[\left(n^2 - x^2\right)^4 + \frac{4 n^4 h^2 (n^2 - a^2)}{a^4} x^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{2 n^2 b (n^2 - a^2)}{a^2} (n^2 + 3 x^2) (n^2 - x^2)}$$

$$Pour x = 0 \qquad \rho_0\left(\begin{array}{c} \text{rayon} \\ \text{de courbure} \\ \text{au sommet O} \end{array}\right) = \frac{n^2 a^2}{2 h (n^2 - a^2)}$$

$$\rho_0 \left(\begin{array}{c} \text{ray on} \\ \text{de courbure} \\ \text{au sommet O} \end{array} \right) = \frac{n^2 \ a^2}{2 \ b \left(n^2 - a^2 \right)}$$

$$\rho_{i} \begin{pmatrix} \text{rayon} \\ \text{de courbure} \\ \hat{\mathbf{a}} \text{ la naissance } \Lambda \end{pmatrix} = \frac{\left[\left(n^{2} - \alpha^{2} \right)^{2} \alpha^{2} + 4 \ n^{4} \ b^{2} \right]^{\frac{3}{2}}}{2 \ n^{2} \ a \ b \ \left(n^{2} - \alpha^{2} \right) \left(n^{2} + 3 \ \alpha^{2} \right)}$$

Pour définir n^2 , on peut se donner :

Pour définir
$$n^2$$
, on peut
soit ρ_0 ; alors:
$$n^2 = \frac{2 \rho_0 b a^2}{2 \rho_0 b - a^2}$$

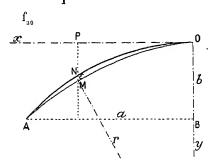
$$y = \frac{b \ x^2}{2 \rho_0 \ b \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right) + x^2}$$

soit un point $M_{i}(x_{i}, y_{i})$; alors:

$$n^{2} = \frac{a^{2} x^{2}_{1} (b - y_{1})}{b x^{2}_{1} - a^{2} y_{1}}$$

y, tang θ , ρ sont ∞ pour x = n. On s'assurera qu'entre O et A, il n'y a pas de faux sommet.

'Art. 7. — Arc de cercle cambré en retranchant quelque chose de chaque ordonnée. — Soit (f,) un arc:



$$y = MP = r\left(1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{r^2}}\right)$$

Retranchons la quantité:

$$M N = \varepsilon = k x^{n} (\alpha - x)^{n/43, -13}.$$

Pour $x = \frac{mu}{m+n}$, ε a son maximum, qui est : $\operatorname{Max} \varepsilon = k \frac{m^m n^n u^{m+n}}{(m+n)^{m+n}}.$

$$\text{MAX } \varepsilon = k \frac{m^m n^n u^{m+n}}{(m+n)^{m+n}}.$$

43. — On a fait ainsi au pont de Saint-Loup sur l'Allier (Ligne de la Ferté-Hauterive à Gannat) (7 arcs de 33" à 1/7.5), $\varepsilon = k w^4 (a-w)^2$.

Pour l'intrados, $k = \frac{330}{50}$ $\frac{330}{10^{9}}$; atteint 0°15 aux 2/3 de la 1/2 portée à partir de la clef.

Pour l'extrados, $k = \frac{247}{10^9}$

44. - L'équation de la courbe cambrée est :

$$Y = r \left(1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{r^2}} \right) - k x^m (a - x)^n.$$

$$\frac{dy}{dx^i} = \frac{x}{\sqrt{r^2 - x^2}} - k x^{m-1} (a - x)^{n-1} (m+n) \left[\frac{m \alpha}{m+n} - x^n \right].$$

On vérifie que:

la courbe déformée et l'arc de cerele ont même tangente et même rayon de x=0 si m > 2, courbure pour : x = asi $n \gg 2$;

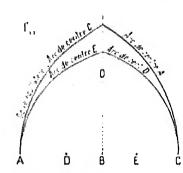
des tangentes parallèles au point où l'écart est maximum, c'est-à-dire $\frac{ma}{m+n}$ pour .r ==

 Λ partir de la clef, le rayon de courbure diminue, puis augmente jusqu'à r, aux naissances.

Il y a un faux sommet, mais très peu apparent.

§ 5. -- OGIVES 45 O

Art. 1. — Ogive surhaussée. — C'est l'ogive des cathédrales 46.



Sur la ligne des naissances A C (f_{st}), prenons, à égale distance du milieu B, deux points D, E, comme centres des arcs de rayon DC, EA. Plus D et E seront loin de B, plus l'ogive sera haute et pointue. S'ils se confondent avec les naissances A et C, l'ogive est équilatère 47,48.

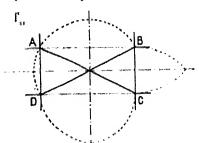
Art. 2. — Ogive surbaissée. — J'ai cité

(Tome III, p. 313) le pont de Martorell sur le Llobregat :

$$2 u = 37^{m}30$$
; $b = 15^{m}30$; $\sigma = 0.56$

5. — Sont déjà en ogive, par assises horizontales empilées en surplomb ; le Dôme d'Abydos (Egypte) (Chorsy : Histoire de l'Architecture, Tome 1, p. 19, 20) ; le « Trésor d'Atrée », à Mycènes (Id., p. 231 ; — Raynaud : « Art de bôtir », p. 356, Pl. 44).

L'ogive remonte, en Syrie, à l'antiquité romaine (Choisy, Tome 41, p. 20). Elle paraît avoir été importée de Syrie vers la fin du XI siècle par les pélerins et les Groisès (Id., p. 512).



46. - Soit ABCD (fat) le plan d'une voute d'arête. Les arcs diagonaux A.C., B.D. Staient presque toujours en plein cintre, les ares « formerets » A.D., B.C., les ares « doubleaux » A.B., C.D., en courbe brisée.

Or, c'étaient les arcs diagonaux en plein cintre AC, BD, et non les arcs pointus des têtes, qu'au moyen-âge on appelait « augives » (Chorsy, II, p. 271).

47. . . En pratique, on divise AB, BC (faz) en n parties égales ;

les centres sont les premiers points de division.

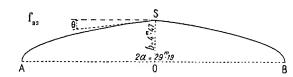
On a pris, en Syrie, n=8 (Choisy, II, p. 115); en Occident au XII siècle, n=5; au commencement du XIII, n=3 (ogive fiers-point); puis n=1 (ogive équilatère) (Choisy, II, p. 342).

48. — M. Dientatoy a relevé un grand nombre de ponts persans et indiqué le tracé d'une ogive assez compliquée, presque inscriptible dans une demi-circonférence. (Annales des Ponts et Chaussées, Juillet 1883 : Notice sur la construction des ponts en Perse, p. 23).

On n'en voit guère l'application à nos intrados : autant adopter le plein cintre, qui a un peu plus de debouché et qui, lui, n'a pas besoin d'être chargé à la clef.

On a profité en corve passana les bees des ponts de Charges. d'Orléans (Ponta III n. 257)

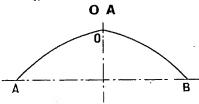
On a profilé en ogive persane les bees des ponts de Charrey, d'Orléans (Tome III, p. 257).



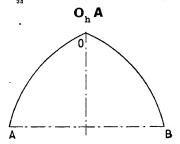
L'intrados du pont de la Trinité à Florence (milieu du XVI° siècle) est fait de deux courbes elliptiques qui se coupent 49,50 (f_{23}).

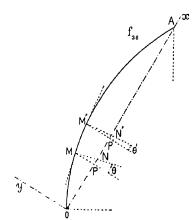
Art. 3. — Arcs brisés. — Pour soutenir un poids isolé en O, on brise l'intrados (f_{34}, f_{35}) .

 $f_{_{34}}$ — Arc brisé surbaissé



f_{ss} — Arc brisé surhaussé





Aux arcs de cercle, on peut substituer unc autre courbe, pour mieux encadrer les courbes de pression.

Si l'intrados doit passer par deux points M, M', (f_{ab}) on peut adopter la forme :

$$y = \alpha x (1 + \beta x + \gamma x^2)$$

On a fait ainsi à Fontpédrouse (Voir Tome V) 51 .

49. — Ferroni, loc. cit. renvoi 21.

50. — Soit proposé de construire une ellipse ayant un sommet en Λ (f_{aa}), son grand axe sur Λ O, et tangente à une droite d'inclinaison θ au sommet S (α , b).

On trouve pour les 1/2 axes inconnus α' et b':

pour les 1/2 axes inconnus a' et b':

$$a' = a \frac{b - a \operatorname{Tang} \theta}{b - 2 a \operatorname{Tang} \theta}$$

$$b^{\prime 2} = b \frac{(b - a \operatorname{Tang} \theta)^2}{b - 2 a \operatorname{Tang} \theta}$$

$$\rho_1 \text{ (en A)} = \frac{b^{12}}{a^2} = \frac{b(b-a \text{ Tang})}{a}$$

51. — On trouve:

$$\beta = \frac{x_1 y_2 (c^2 - x_1^2) - x_2 y_1 (c^2 - x_2^2)}{c \left[x_2^2 y_1 (c - x_2) - x_1^2 y_2 (c - x_1) \right]}$$

$$\gamma = \frac{x_2 y_1 (c - x_2) - x_1 y_2 (c - x_1)}{c \left[x_2^2 y_1 (c - x_2) - x_1^2 y_2 (c - x_1) \right]}$$

$$\alpha = \frac{y_1}{c \left[x_2^2 y_1 (c - x_2) - x_1^2 y_2 (c - x_1) \right]}$$

En un point M:

Teng
$$\theta = \alpha (1 + 2 \beta x + 3 \gamma x^2)$$

$$\rho_0 = \frac{\left[1 + \alpha^2 (1 + 2 \beta x + 3 \gamma x^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{2 \alpha (\beta + 3 \gamma x)}$$

à l'origine :

Tang
$$\theta_0 = \alpha$$

$$\rho_0 = \frac{(1 + \alpha^2)}{2 \alpha \beta}$$

ÉPAISSEUR D'UNE VOÛTE

§ 1. — ÉPAISSEUR A LA CLEF **e**_o

Art. 1. — Graphiques de e_{\circ} en fonction de la portée 2 a et du surbaissement $\sigma = \frac{b}{2a}$.

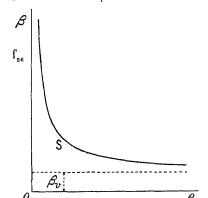
J'ai représenté graphiquement les épaisseurs e_0 , avec les portées en abscisses, pour un grand nombre de voûtes, par intrados (pleins cintres, ellipses, arcs de divers surbaissements), en distinguant les ponts sous route des ponts sous rails.

Les graphiques montrent que les constructeurs ont choisi e_0 , souvent suivant les matériaux et les hommes dont ils disposaient, d'après leur hardiesse, d'après l'aspect de l'ouvrage, souvent aussi par sentiment.

Art. 2. — Pour une voûte donnée, il y a une valeur de e_{\bullet} qu'on n'a pas intérêt à dépasser.

On pourrait croire que, pour une voûte d'ouverture, de montée, de surcharges données, la pression par centimètre carré diminue indéfiniment quand on augmente indéfiniment l'épaisseur; il n'en est rien.

C'est qu'en effet, la pression moyenne à la clef β est la somme de deux pressions : β_0 dûc à la charge sur la voûte (tympans, remplissage, couronnement,



surcharge); β , dûe à la voûte seule, qui compte dans la charge totale toujours pour plus de 40 %, et jusqu'à 80 % dans les ponts-route très surbaissés.

β, ne dépend pas de l'épaisseur à la clef.

 $\beta_{\rm p}$ diminue quand $e_{\rm o}$ augmente; admettons qu'elle est de la forme $\frac{k}{e_{\rm o}}$

La pression moyenne totale est:

$$\beta = \beta_{\rm v} \left(\frac{{\rm indépendant}}{{\rm de} \ \epsilon_{\rm o}} \right) + \frac{k}{\epsilon_{\rm o}}$$

Il ne faut pas trop s'écarter du sommet S de

cette hyperbole : à gauche, on augmente démosurément la pression ; à droite, on augmente l'épaisseur, sans réduire beaucoup la pression $^{17, \ 18}$.

46. — De même que, dans une colonne cylindrique non chargée, la pression par unité à la base est indépendante du diamètre.

47. — M. Tourtay, qui a fait cette remarque, donne cet exemple appliqué au pont Boucicaut (Tome III, p. 243): $\beta = 10^{\kappa} + \frac{10.85}{2}$

Epaisseur à la clef e, 0"20 0"30 0"40 0"50 0"80 1"00 1"50 2"00 2"50 3"00 Pression moyenne 3 (Kg/omor²) 64*2 46*2 37*1 31*7 23*6 20*8 17*2 15*4 14*3 13*3

En portant l'épaisseur de 1^m à 1^m50, on n'abaisse la pression moyenne que de 20^k8 à 17^k2, et on élève la poussée sur la culée (anneau de 1^m de largeur) de 208^T à 258^T.

()n a, très sagement, adopté 1^m05.

On a, tres sagement, adopte 1703.

Nouvelles Annales de la Construction, septembre, octobre et novembre 1902. — « Méthode de calcul rapide des voûtes et de leurs culées », par C. Tourtay, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

48. — Au pont d'Orléans (Tome III, p. 255), on a adopté e. = 1 25.
« ...Il n'y avait pas lieu de l'augmenter en vue de réduire la pression..., le gain... est... insignifiant quand on passe de... 1 25 à... 1 40. Il y aurait eu, au contraire, avantage..., à abaisser l'épaisseur à

*10 ou 1**15... » Génie Civil, 29 septembre 1906, p. 340 : « Nouveau pont en maçonnerie sur la Loire, à Orléans ».

Dans les petites et moyennes voûtes, le corps est en moellons ordinaires lités. Sur une ligne de chemin de fer, il y en a beaucoup, et on ne peut pas les suivre de près.

C'est dans ces voûtes-là qu'il faut être le moins hardi : un supplément d'épaisseur y coûte peu.

Les très grandes voûtes, elles, sont surveillées avec un soin particulier.

On n'y emploie que des matériaux de choix permettant les fortes pressions: ces matériaux coûtent cher.

Il importe d'y réduire à juste ce qu'il faut l'épaisseur e_0 : on diminue ainsi, non seulement le cube de la voûte, mais son poids et sa poussée.

Art. 3. — Depuis le milieu du XVIIIe siècle, on réduit constamment le rapport $\frac{e_{_{\mathrm{o}}}(\dot{\mathrm{E}}_{\mathrm{paisseur}}\,\dot{\mathrm{a}}\,\,\mathrm{la}\,\,\mathrm{clef})}{}$ 2 a (Portée)

A Lavaur (1771) 40, on avait pris 9 pieds pour 150 pieds, soit $e_0 = 0.06$ (2 α). Au XVIII siècle, on a souvent pris $e_0 = \frac{1}{24} (2 \alpha)^{50} = \frac{4.2}{100} (2 \alpha)$

 $\frac{e_o}{2a}$ est descendu à 1/50 aux ponts de Chester 51 et de Luxembourg 62, à 1/60 au pont de Plauen 53.

Art. 4. — Quelques formules empiriques de e_{o} (Perronet, Dupuit, Croizette-Desnoyers).

On a attribué à Perronet la formule : $e_0 = 0^{\text{m}}325 + 0.035 (2 \alpha)^{-54}$ Toute formule linéaire donne de trop fortes épaisseurs pour les grandes portées.

Dupuit exprima e_0 en fonction, non plus de 2 a, mais de $\sqrt{2 a}$; il proposa 55: pour les pleins cintres et les ellipses : $e_{o} = 0.20 \sqrt{2 a}$ pour les arcs (1/4 en moins!): $e_0 = 0.15 \sqrt{2 a}$

Ces formules ne tiennent compte que de la portée, non de la forme de l'intrados, ni des surcharges (route ou chemin de fer), ni du surbaissement.

Pour les très petites portées, e est trop petit : il faut dans les formules un terme constant.

```
49. - Tome I, p. 97.
```

50. — C'est ce que Perronet a admis à Neuilly (arche de 120 pieds au 1/4: $e_s = \frac{120}{24} = 5$ p.).

52. — Tome II, p. 67. 53. — Tome III, p. 52.

51. — 10me 111, p. 25. — 10me 11, p. 01. — 55. — 10me 111, p. 52. — 54. — 11 ne l'a pas ainsi énoncée, ni donnée comme de lui ; il a écrit : « On est dans l'usage de leur « donner (aux voussoirs de clef) en longueur de coupe, pour les grandes arches qui sont surbaissées du « tiers, la vingt-quatrième partie de leur diamètre; ... »

* « Il convient de donner aux voussoirs des clefs des petites arches, un pied de coupe de plus que ce vingt-quatrième, et la « diminuer ensuite à raison d'une ligne pour chaque pied d'ouverture des arches, ... on peut donner un peu moins de longueur de « coupe... lorsque les voûtes sont en plein cintre. »

« Mémoire sur la réduction de l'épaisseur des Piles, et sur la courbure qu'il convient de donner aux Voûtes », lu à l'Académie des Sciences. le 12 novembre 1777.

des Sciences, le 12 novembre 1777.

En anciennes mesures, ces indications seraient ainsi formulées :

Pour les grandes voûtes au 1/3 :
$$e_o$$
 (en pieds) = $\frac{2 \alpha}{24}$

Pour les petites : e_{\bullet} (en pieds) = $1^{\text{p}} + \frac{2\alpha}{24} - 1$ ligne par pied de portée = $1^{\text{p}} + 2\alpha$ (en pieds) $\left[\frac{1}{24} - \frac{1}{144}\right]$, ou e_{\bullet} (en m) = $0^{\text{m}}325 + 2\alpha$ (en m) $\left[\frac{1}{24} - \frac{1}{144}\right]$. C'est cette formule que donne Sganzin dans son Cours de Construction, comme en usage dans les Ponts et Chaussées », mais sans l'attribuer à Perronet. Soit $e_{\bullet} = 0^{\text{m}}325 + 0.034$ (2 α). Léveillé l'écrit : $e_{\bullet} = \frac{1}{3}\left[1 + \frac{2\alpha}{10}\right]$ (Note sur les ponts en maçonnerie. Le Mans 1855, p. 5).

55. — « Traité de l'équilibre des voûtes », J. Dupuit, Paris, Dunod, 1870, p. 185.

Croizette-Desnoyers réalisa un très sensible progrès en exprimant ainsi c_{\circ} : $v_a = \alpha + \beta \sqrt{2 r}$ 56 (r rayon de l'arc de mêmes portée et montée)

Il distingua entre les ponts-route et les ponts de chemin de fer, mais non entre un arc et une ellipse de même surbaissement.

Art. 5. — Formule empirique proposée $e_0 = \alpha (1 + \sqrt{2 a}) \mu$.

 α est un coefficient numérique dont voici les valeurs :

Valeurs		Ponts sous		Valeurs		
de	route	chemin				
α	l	voic normale	voie étroite	α		
0,12 0,13	Limite inférioure		Timita i Giri	0,12 0,13		
0,14 0,15 0,16	Bonne moyenne	Limite inférieure	Limite inférieure	0,14 0,15 0,16		
0,17 0,18 0,19	Limito supérioure	Bonnes moyennes	Bonne moyenne	$0,17 \\ 0,18 \\ 0,19$		
0,20 0,21		Limite supérieure	Limite supérieure	0,20 0,21		

Si les matériaux sont excellents, on se tiendra au-dessous des « bonnes moyennes »; si médiocres, au-dessus.

On est déjà timide aux limites supérieures, bientôt poltron au-delà.

On est déjà hardi aux limites inférieures, bientôt téméraire en-deçà.

Il est quelquefois permis d'être hardi, même très hardi : mais il faut savoir qu'on l'est.

Ces valeurs de a sont justifiées dans l'annexe à la fin de ce Tome.

 μ , fonction du surbaisssement σ , est :

pour les pleins cintres : $\mu = 1$ pour les ellipses surbaissées : $\mu = \frac{4}{3+2\sigma}$

pour les arcs 57 $\mu = \frac{4}{3} (1 - \sigma + \sigma^2)$.

56. —

$$\operatorname{Pour} \sigma = \begin{cases} 1/2 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ 1/6 & \frac{1}{4} \\ 1/8 & \frac{1}{4} \\ 1/10 & \frac{1}{4} \\ 1/12 & \frac{1}{4} \end{cases} \beta = \begin{cases} 0.15 & \frac{0.20}{0.15} \\ 0.14 & \frac{0.13}{0.12} \\ 0.12 & \frac{0.14}{0.13} \\ 0.11 & \frac{0.14}{0.13} \end{cases}$$

Croizette-Desnoyers : « Cours de Construction des Ponts », Tome II, p. 10 et 21, Paris, Dunod, 1885.

57. — Aux arcs peu surbaissés, c'est-à-dire de surbaissement $\sigma \gg \frac{1}{2\sqrt{3}}$, soit φ (1/2 angle au centre) \geqslant 60°, il est d'usage de donner la même épaisseur à la clef qu'au plein cintre de même rayon r,

c'est-à-dire $\alpha \left(1 + \sqrt{2r}\right)$.

Or, pour $\sigma \gg \frac{1}{2\sqrt{3}}$, les épaisseurs données par les deux formules: $c_0 = \alpha \left(1 + \sqrt{2r}\right)$

$$e_0 = \alpha \left(1 + \sqrt{2r}\right) \qquad e_0 = \alpha \left(1 + \sqrt{2\alpha}\right) \mu$$

ne diffèrent que de quelques millimètres. Il est plus simple d'appliquer la même, quel que soit le surbaissement.

Si la voûte est en rouleaux superposés de briques, e, sera un multiple de la hauteur des briques. 58

On trouvera, au Tome V, Appendice, des tables de :

$$c_o = \alpha \left(1 + \overline{2 a}\right)$$
, pour 2 a variant de 0°60 à 100°, et α de 0,10 à 0,25.

$$\mu' = \frac{4}{3+2\sigma}$$
, pour σ variant de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{6}$.

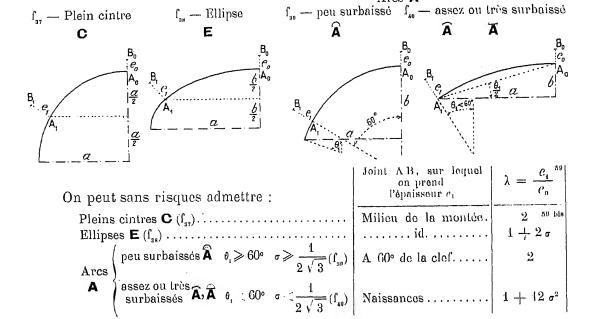
$$\mu$$
" = $\frac{4}{3}(1-\sigma+\sigma^2)$, pour σ variant de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{10}$.

§ 2. — ÉPAISSEUR AUX REINS e₁

EXTRADOS CACHÉ PAR DES TYMPANS PLEINS

$$e_1 = \lambda e_0$$

Art. 1. — Formules empiriques proposées pour a. — On a l'épaisseur aux reins e, en multipliant l'épaisseur à la clef e, par un coefficient à.



On trouvera au Tome V, Appendice, des tables de à.

Art. 2. — Épaisseur e, définie par la condition que sa projection verticale soit e_0 . — La pression moyenne β_m sur un joint MM' (f_n) est: $\beta_m = \frac{\text{II}\left(\frac{\text{poussée}}{\text{horizontale}}\right)}{e\cos\theta}$

$$\beta_m = \frac{\prod \left(\frac{\text{poussée}}{\text{horizontale}}\right)}{e \cos \theta}$$

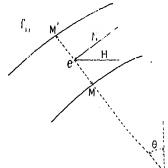
58. - Pont sur la Gimone (Ligne de Toulouse à Auch, 1875-76), anse de panier de 33m au 1/3, 3 rouleaux de briques de 0"42.

Pont de Saint-Waast (Ligne de Montauban à Castres, 1882-1884) pleins cintres de 20"; 3 rouleaux de briques de 0²⁹.

59. — λ résulte moins nettement des voûtes faites que α dans la formule de e_{\bullet} .

59 4. Toutefois, pour les tout petits pleins cintres (2 a 18m), la formule c, = 2 c, donnerait des épaisseurs aux reins supérieures à celles des culées aux naissances. J'indiquerai pour eux la règle à suivre, Tome V, APPENDICE.

 eta_m sera constante dans toute la voûte si $e\cos heta$, projection verticale de e, l'est aussi 60 .



$$e = \frac{e_o \left(\text{épaiss' à la clef} \right)}{\cos \theta} = e_o \sqrt{1 + \tan^2 \theta}$$

Avec cette règle, on trouve, pour le joint A. B. défini à l'art. 1:

Pleins cintres et arcs peu surbaissés : $e_i = 2 e_o$ C'est l'épaisseur usuelle.

Ellipses:
$$c_{i} = c_{o}$$
 $1 + 12 \sigma^{2}$

Arcs assez ou très surbaissés : $e_{\scriptscriptstyle 1} = e_{\scriptscriptstyle 0} \, \frac{1 \, + \, 4 \, \sigma^2}{1 \, - \, 4 \, \sigma^2}$ C'est au-dessous des épaisseurs usuelles.

§ 3. — CE QUE VALENT LES FORMULES EMPIRIQUES PROPOSÉES POUR e, e1

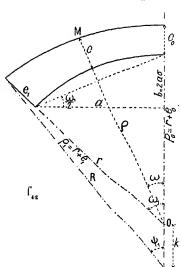
Avec ces formules, on reste dans les moyennes éprouvées : si on s'en écarte, on est prévenu.

Elles suffisent pour une voûte courante, pour le premier essai d'une voûte exceptionnelle,

§ 4. — EXTRADOS DU CORPS DES VOÛTES

Art. 1. — Règle. — On cherchera un extrados qui, avec l'intrados, encadre au mieux les courbes de pression : on le trouvera parmi les courbes d'intrados précédemment décrites 62.

On se borne le plus souvent à réunir par un arc de cercle les 2 points B. B. que définissent les épaisseurs $e_{\rm o}$, $e_{\rm i}$ $^{\rm os}$ ($f_{\rm sr}$ à $f_{\rm so}$, — p. 344).



60. — Cette remarque a été faite par Déjardin : « Routine de l'Établissement des roûtes », Paris, 1845, p. 36.

61. - Ceci est développé plus loin : Titre III, Chap. III.

62. - Tome III, p. 324 à 340.

63. — Supposons l'intrados en arc de cercle de rayon r.

$$\rho_0 - r + e_0$$
 $\rho_1 = r + e_0$ On the transfer of $\rho_0 = r + e_0$

$$R\left(\frac{\text{Rayon}}{\text{de}}\right) = \frac{f^{2}_{0} + f^{2}_{1} - 2 \frac{\rho_{0}}{\rho_{1}} \frac{\rho_{1}}{\cos \omega_{1}}}{2 \left(\rho_{0} - \rho_{1} \cos \omega_{1}\right)}$$

$$R = R - \frac{\rho_{2}}{\cos \omega_{1}} + \frac{\rho_{2}}{\cos \omega_{2}} + \frac{\rho_{1}}{\cos \omega_{1}} \sin \psi_{1} = \frac{\rho_{1}}{\cos \omega_{1}} \sin \psi_{2}$$

Équation de l'extrados en coordonnées polaires avec O

$$\beta = -k\cos \omega + \sqrt{R^2 - k^2\sin^2 \omega}$$

Épaisseur e de la voûte en M: e = e - r

Equation de la ligne des milieux :
$$\rho_m = r + \frac{e}{2} = \frac{1}{2} \left[r - k \cos \omega + \sqrt{R^2 - k^2 \sin^2 \omega} \right]$$

Elle est très voisine du cercle passant par les milieux de la clef et des retombées.

Si l'intrados est en plein cintre ou en arc peu surbaissé, $\omega_1 = 60^{\circ}$, $\cos \omega_1 = \frac{1}{9}$

$$R = \frac{(\rho_1 - \rho_0)^2 + \rho_0 \rho_1}{2 \rho_0 - \rho_0} \qquad k = \frac{(\rho_1 - \rho_0) (\rho_1 + \rho_0)^2 + \rho_0 \rho_0}{2 \rho_0 - \rho_0}$$

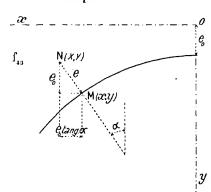
Si, de plus,
$$e_1 = 2 e_0$$
:

$$= r + 2 e_0 \qquad \rho_0 = r + e_0 \qquad \rho_1 - \rho_0 = e_0$$

$$= r + \frac{3 e_0}{r} \left(r + e_0 \right) \qquad k = \frac{e_0}{r} \left[2 r + 3 \right]$$

Art. 2. — Extrados d'une voûte dont l'épaisseur e en un point quelconque M a une projection verticale constante : $e = \frac{e_o}{\cos \alpha}$

1° Ellipse.

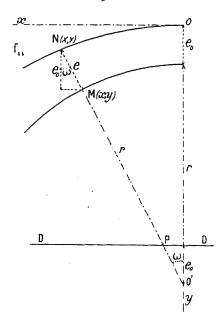


On a (f₄₉):
$$\begin{cases} X = x + e_0 \tan \alpha = x + c_0 \frac{dy}{dx} \\ Y = y - e_0 \end{cases}$$

$$y = e_0 + b \left(1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \right)$$

$$X = \frac{a^{2} (b - Y) + b^{2} e_{o}}{ab (b - Y)} \sqrt{Y (2 b - Y)}$$

Cet extrados est horizontal à la clef. Il a quelque part un point d'inflexion : on s'assurera qu'il est au-dessous des naissances.



2º Arc de cercle. - Faisons, dans cette équation, a = b = r.

On trouve:

$$X = \frac{r - Y + e_0}{r - Y} \sqrt{Y (2 r - Y)}$$

En coordonnées polaires, on a de suite :

$$\rho = r + e = r + \frac{e_0}{\cos \omega}$$
 65

64. — Pour le milieu de la montée :
$$y = e_{\bullet} + \frac{b}{2} \quad w = \frac{a\sqrt{3}}{2} \quad \text{tang } \alpha = \frac{b}{a}\sqrt{3} \qquad \qquad X = \sqrt{3\left[\frac{a}{2} + c_{\bullet}\frac{b}{a}\right]} \qquad Y = \frac{b}{2}$$

$$X = \sqrt{3 \left[\frac{a}{2} + c_{\circ} \frac{b}{a} \right]} \qquad Y = \frac{5}{2}$$

65. — Traçons une droite D.D, à
$$e_{\rm o}$$
 de O' (f_{44}). O'P = $\frac{e_{\rm o}}{\cos \omega}$ PN =

L'extrados est une conchoïde de Nicomède.

BANDEAUX

§ 1. - SOUS TYMPANS PLEINS

Art. 1. — Réduction des épaisseurs par rapport au corps de la voûte. — On réduit l'épaisseur du bandeau : par économie, parce que le bandeau est en matériaux chers ; pour l'aspect, l'œil n'admet pas aux reins les épaisseurs usuelles des voûtes.

On cherchera une courbe qui s'ajuste bien à l'intrados parmi celles décrites plus haut ...

Art. 2. — Pleins cintres. — Dans les viadues 67, le bandeau est, presque toujours, extradossé parallèlement.

Dans de grands pleins cintres, on lui a conservé l'épaisseur du corps ** : l'effet n'est pas heureux : il y a trop de différence entre la clef et les reins.

Art. 3. — Ellipses. — A. - L'intrados est, aux naissances, tangent d'deux piles, ou à deux culées, ou à une pile et une culée.

On a souvent défini l'extrados par un arc de cercle unique B_a/B_r (f_a).



Muis, à partir de la clef, le bandeau semble d'abord extradossé parallèlement, et même, bien que les joints aillent un peu en croissant, paraît, quelquefois, démaigri vers 20 à 30 %, du développement à partir de la clef ***.

Aux reins, l'épaisseur croît démesurément, et exagère la hauteur des becs.

On cherchera une courbe qui fusse bon effet.

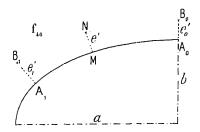
On peut, par exemple, faire croître l'épaisseur e' en fonction de la longueur de l'intrados à partir de la clef, depuis e', épaisseur à la clef jusqu'à l'épaisseur e', adoptée aux reins.

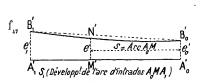
^{66 -} Tome III, p. 324 à 340.

^{157 . -} Pesters V. Approximate, Vicultien.

^{68. -} Ponts de Collonges (Tome I, p. 31), d'Oloron (id., p. 45).

^{69. ...} Ponts de Berry à Paris, de Port-Sainte-Marie sur la Garonne, (ligne de Condom à Port-Sainte-Marie).





Au pont de Marmande (f,, f,) 70, nous avons adopté :

$$e' = e'_{0} + (e'_{1} - e'_{0}) \frac{s^{2}}{S_{1}^{2}}$$

Ce sont les ordonnées de la parabole B', B', (f,): l'effet est bon.

Au pont de Valence 71 on a pris :

$$e'^2 = e'_0^2 + (e'_1^2 - e'_0^2) \frac{s^2}{S_1^2}$$

B', B', est un arc d'hyperbole 72 .

Il faut être bien sûr que la courbe adoptée a une tangente horizontale à la clef ⁷³.

B. - L'extrados est une demi-courbe complète ⁷⁴. — Quand, au lieu de s'arrêter à une pile ou à une culée, l'extrados est une demi-courbe complète, on l'étudiera de même en vue du meilleur effet.

Pour l'aspect, on fera croître l'épaisseur à partir de la cles.

Sí, par économie, on doit accepter une épaisseur constante k, on extradossera, non suivant une ellipse a+k, b+k 75, mais suivant une courbe parallèle à l'ellipse d'intrados 76.

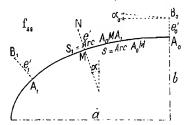
70. —
$$a = 18^{m}$$
; $b = 10^{m}$; $e'_{\circ} = 1^{m}35$; $e'_{1} = 2^{m}10$

71. — Tome I, p. 173.

72. — Supposons e' calculée par cette formule (s compté sur la fibre moyenne), et la fibre moyenne en arc de cycloïde.
On peut alors calculer assez simplement, par la méthode de M. Résal, les éléments de la courbe de

On peut alors calculer assez simplement, par la méthode de M. Résal, les éléments de la courbe de pression.

(Note présentée à l'Académie des Sciences par M. Auric, Ingénieur des l'onts et Chaussées. Annales des Ponts et Chaussées, 4° trimestre 1905, p. 282).



73. - Par exemple, on n'acceptera pas la droite B', B', (f47).

$$e' = e'_{0} + (e'_{1} - e'_{0}) \frac{s}{S_{1}}$$

Elle donne à la clef un angle rentrant (f17, f48).

On trouve, en effet:

tang
$$\alpha_0 = \frac{(e'_1 - e'_0) \alpha^2}{(\alpha^2 + b e'_0) S_1}$$

74. — à tangentes verticales aux naissances. (Préliminaires, Tome III, p. 3).

75. — Les têtes des souterrains à une voie en anse de panier surhaussée, extradossées parallèlement, semblent maigres au tiers supérieur de la montée.

76. — Tome III, p. 329.

Art. 4. — Arcs. — On a souvent extradossé les bandeaux parallèlement, c'est-à-dire avec une épaisseur uniforme ".

I. ceil veut un peu d'accroissement, mais pas trop.

Au pont des Invalides (arcs de 31^m66 au 1 10,2 et de 31^m19 au 1/7,6), on a conservé pour le bandeau les épaisseurs du corps : 1^m20 à la clef, 1^m70 aux retombées : c'est trop aux reins.

Au pont de Saint-Loup sur l'Allier '* (arcs de 33^m à 1.7,5), nous avons adopté 1°15, 1°30,

Dans les arcs très tendus, on ne gagne pas grand'chose à réduire le bandeau ; on lui donne partout les mêmes épaisseurs qu'à la voûte 70.

On s'assurera que la courbe choisie pour l'extrados a une tangente horizontale à la clef ».

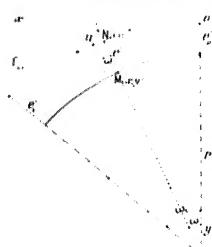
On se gardera, par exemple, au-dessus d'un intrados en arc, de faire varier l'épaisseur proportionnellement à la distance angulaire au sommet ⁸¹ : mais on la pourra faire varier comme son carré ⁸².

§ 2. BANDEAUX SOUS TYMPANS TRAVERSES (PAR DES EVIDEMENTS APPARENTS

Art. 1. — Epaisseur. — Dans les ouvrages à tympans pleins, l'extrados du corps des voûtes est caché; on y peut, sans dommage pour l'aspect, réduire le bandeau.

Mais, quand les tympans sont évidés par des arches transversales, l'extrados est vu comme l'intrados : le bandeau et le corps de la voûte ont partout la même épaisseur : on a quelquefois réduit par un chanfrein les bandeaux ** : mais, de loin, c'est l'extrados de la voûte que l'on voit.

Tent"National a Paris (Porter 3450) monter (450).



78. - Ligne de Gannat à La Ferté-Hauterive.

79. - Pont Boucicaut, Tome III, p. 243.

80. - Voir ce qui a été dit plus haut pour l'extrados des vontes en ellipse (renvoi 73).

81. On nurait alors
$$(f_{48}): e^* = e^*_{10} + (e^*_{11} + e^*_{10}) \frac{e_0}{e_0}$$

L'extrados est une spirale d'Archimède :

$$\rho = r + r_0^* + (r_1^* - r_0^*) \frac{\omega}{\omega_i}$$

Et aussi la ligne des milieux : $\rho = r + \frac{e^2}{2}$

Tang
$$u = v_0 + \frac{(v + v_0^*) \omega_1}{v_0^* - v_0^*}$$

Pour so on n'est pas 90°, la courba n'est pas horizontale

$$\frac{\pi^{\alpha}_{+}}{\pi^{\alpha}_{+}} = 1 + v_{+}^{\alpha} + (v_{+}^{\alpha} - v_{+}^{\alpha}) \frac{\omega^{2}_{+}}{\omega^{2}_{+}} \qquad \text{Trug } u \sim \frac{(v_{+}^{\alpha} + v_{+}^{\alpha}) \omega^{2}_{+}}{2 \omega_{+} (v_{+}^{\alpha} - v_{+}^{\alpha}) + 2}$$

$$\frac{1}{2} \frac{1}{\omega_{+}} \frac{1}{2} \frac{1}{\omega_{+}} \frac{1}{2} \frac{1}{\omega_{+}} \frac{1}{2} \frac{1}{\omega_{+}} \frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{\omega_{+}} \frac{1}{2} \frac{1$$

83. - Ponts sur la Moselle de Schweich, Trittenheim, Tome III, p. 268, p. 276,

T. 111. - 46

Sous tympans évidés, on réduit les épaisseurs adoptées aux reins pour le corps des voûtes sous tympans pleins, pour deux motifs :

parce qu'aux reins la charge est réduite, la courbe de pression moins cambrée, l'effort moindre;

pour l'aspect, parce que, comme on l'a dit plus haut pour les bandeaux, l'œil n'accepte pas une voûte trop épaisse aux reins 84.

Ainsi nous avons adopté pour λ au pont de Lavaur *5 : 1,70 au lieu de 2 ; au pont de Luxembourg *6 : 1,50 au lieu de 1,70.

On pourra, comme première approximation, prendre pour les pleins cintres et les arcs, 0.85λ (λ des formules pour tympans pleins données plus haut, p. 344).

Les voûtes en ellipse ont une grande épaisseur aux reins *7 et doivent être fort réduites. Au pont des Amidonniers *8, aux retombées des bandeaux amont du pont amont, une voussure réduit l'épaisseur à 74/100 (voûte de 46^m), 77/100 (voûtes de 42^m), 79/100 (voûtes de 38^m50), de celle du corps.

Art. 2. — Courbe d'extrados. — Comme dans le cas des tympans pleins, on cherchera une courbe qui s'ajuste bien à l'intrados, ait une tangente horizontale à la clef, et encadre au mieux les courbes de pression 80, 90.

```
84. - Reins trop épais aux ponts évidés de Brent, (Tome I, p. 34), de Céret, (Tome II, p. 160).
```

90. — Extrados du pont des Amidonniers, voûte de 46m (Tome I, p. 195).

On donnait un point des reins de l'extrados :

$$x_1 = 24^m 78 \qquad y_1 = 8^m 78 \quad (i_{50})$$

$$y = 11,34728 \quad (1 - \sqrt[9]{1 - 0,001545} \quad x^2)$$

$$y = 19,245 \quad (1 - \sqrt[3]{1 - 0,001366} \quad x^2)$$

$$y = 27,294155 \quad (1 - \sqrt[4]{1 - 0,001283} \quad x^2)$$

$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$

$$y = 51,7825 \quad (1 - \sqrt[7]{1 - 0,0011849} \quad x^2) \quad (udopté)$$

L'indice du radical augmentant, les courbes sont de plus en plus au-dessous de l'ellipse. L'arc de cercle est y=39,35858 $\left(1-\frac{2}{3}\sqrt{1-0,0006455}~x^2\right)$.

^{88. —} Tome I, p. 193. 89. — Pont de Luxembourg (Tome II, p. 68), $e=e_{\rm o}+ky^{0.6}$ e croît agréablement et la courbe est horizontale à la clef.

TITRE II

COMMENT ON CALCULE LES EFFORTS DANS LES GRANDES VOÛTES HYPOTHÈSE ÉLASTIQUE

CHAPITRE 1

COMMENT ON DETERMINE POUR UNE SECTION QUELCONQUE L'EFFORT NORMAL ET LE COUPLE DE FLEXION

§ 1. COMPOSANTES DE L'EFFORT TOTAL SUR UNE SECTION COUPLE DE FLEXION

Art. 1. — Effort normal à la section N. — Effort tranchant T. — Coupe de flexion N u (f.).



Soient:

A, B, A, B, un arc;

G, G, sa fibre moyenne, — lieu des centres de gravité des sections transversales, telles que MGM, faites par des plans également inclinés sur l'intrados et l'extrados; c'est, en pratique, le lieu des milieux des joints normaux à l'intrados.

On suppose l'are symétrique par rapport au plan vertical de la fibre moyenne, et toutes les forces extérieures dans ce plan.

La partie d'are à droite de la section M M exerce sur elle un effort l'égal et directement opposé à la résultante des forces extérieures appliquées à gauche de M M.

F peut se décomposer en 2 forces :

N, normale à la section : c'est l'effort « normal »;

T, dans le plan de la section : c'est l'effort « tranchant ».

Dans les voîtes en maçonnerie, F est à peu près normal à la section ; on convient de négliger T.

Je mêne par le centre de gravité G deux forces égales à N et de sens contraires N', N".

Tout se réduit :

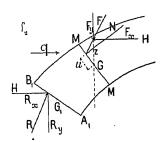
4° à l'effort normal N' = N appliqué en G;

 2° au couple de flexion N u, — égal au moment $\mathfrak M$ par rapport à G des forces extérieures à gauche de la section M M.

Art. 2. — Poussée horizontale II. — A la rencontre de F avec la verticale de G, décomposons F en forces verticale F_r et horizontale F_x (f_s) .

S'il n'y a que des forces verticales à gauche de M M, F_x est égale à la composante horizontale R_x de la réaction de l'appui.

Elle est constante à toute hauteur : c'est la « poussée horizontale » de la voûte, II.



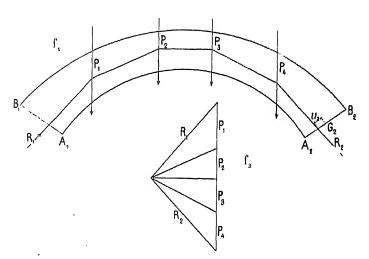
$$\mathfrak{M} = Nu = H\vec{s}$$

Si la voûte reçoit d'une voûte transversale d'élégissement une poussée q (f_*),

$$\Pi = q + R_x$$

La poussée horizontale de la retombée est réduite de q.

§ 2. — SI ON CONNAIT LA REACTION D'UN APPUI, ON PEUT, POUR CHAQUE SECTION, CALCULER OU CONSTRUIRE L'EFFORT NORMAL N ET SON BRAS DE LEVIER u.



Supposons connue en grandeur et direction, la réaction de l'appui de droite R_s. Avec le polygone des forces (f_s), on a la réaction de l'autre appui R_s.

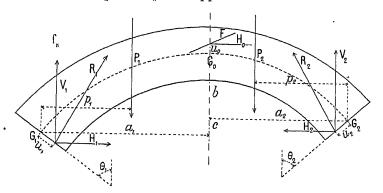
Si on a, de plus, le point d'application de R_a (à u_a de G_a), on peut construire le funiculaire

(f,), qui se ferme par R, et donne pour chaque section N et u, sur l'appui de gauche R, et u_i .

§ 3. — COMMENT ON DÉTERMINE LA RÉACTION D'UN APPUI

Art. 1. — La Statique ne donne que 3 équations pour 6 inconnues. — Soit une voûte de fibre moyenne G, G, G, (f,).

Pour simplifier, je la suppose soumise seulement à des forces verticales.



Soient:

 R_1 , R_2 les réactions de ses appuis, appliquées à u_1 , u_2 des milieux G_1G_2 , positifs au-dessous de G_4G_2 ;

V₁, H₁; V₂, H₂ leurs composantes verticales et horizontales;

P, P la résultante

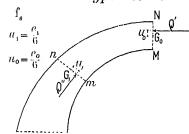
des forces verticales appliquées entre G, et Go, entre Go et G2.

Il y a 6 inconnues : V_1 , H_2 , u_1 ; V_2 , H_2 , u_2 .

La Statique donne 3 équations d'équilibre 1: il en manque trois. Si les voussoirs étaient indéformables, il faudrait se les donner arbitrairement 2.

Art. 2. — Hypothèses proposées pour avoir trois autres équations, en supposant les voussoirs indéformables.

A. - Hypothèse de Navier³. — « Nous admettrons (f_a):



« Que les deux voussoirs séparés par le joint « M N ne pressent point l'un contre l'autre par « l'arête inférieure M.

1. — $V_1 + V_2 = P_1 + P_2$ $H_1 = H_2$ $\binom{\text{Moments}}{\text{autour de } G_1}$ $V_1 u_1 \sin \theta_1 + H_1 u_1 \cos \theta_1 + V_2 [\alpha_1 + \alpha_2 - u_2 \sin \theta_2] + H_2 (c - u_2 \cos \theta_2) = P_1 p_1 + P_2 (\alpha_1 + \alpha_2 - p_2)$

2. — Pour une voûte articulée aux reins, en G_1 , G_2 , on a : $u_1 = 0$ $u_2 = 0$. S'il y a une troisième articulation à la clef, on a : $u_0 = 0$. Tout est défini.

3. — Navier. — Résume des leçons données à l'École royale des Ponts et Chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines. — Première partie, p. 164 et suivantes, Paris, Firmin-Didot père et fils — MDCCCXXVI.

« En considérant maintenant le joint de rupture m n, on admettra également « que la pression est nulle à l'arête supérieure n, où le joint tend à s'ouvrir, et « qu'elle augmente uniformément depuis cette arête jusqu'en m, où cette poussée « est à son maximum. »

C'est supposer que la courbe de pression coupe la clef M N au 1/3 supérieur, le « joint de rupture » m n au 1/3 inférieur.

B. - Méthode de Méry. — Au vrai, Méry n'a pas tiré des expériences de Boistard une méthode pratique: il n'a pas fixé de point de la courbe de pression, il a seulement indiqué comment on la construit, si on en connaît deux points.

La méthode connue sous son nom o consiste tout simplement à admettre les deux hypothèses enseignées bien avant par Navier, à savoir :

que la courbe de pression passe par M_o (f,), tiers supérieur de la clef A_o B_o ; M, tiers inférieur d'un joint dit « de rupture », à déterminer aux reins;

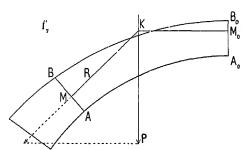
qu'en ces deux points elle est tangente aux bords du noyau central, et normale aux joints A, B, AB (f,).

Il eût été juste de l'appeler : méthode Navier-Méry.

Les deux hypothèses de Navier fournissent les 3 équations qui manquent;

$$u_{i} = \frac{e_{i}}{6} \qquad \qquad u_{2} = \frac{e_{2}}{6} \qquad \qquad u_{0} = \frac{e_{0}}{6}$$

Pour les pleins cîntres, les ellipses, les arcs peu surbaissés, on détermine ainsi le « joint de rupture » 6:



Soient (f,): AB unjoint quelconque, P la résultante des charges entre AB et la clef.

On mène par le 1/3 supérieur de la cles une horizontale M.K., par K une perpendiculaire à AB.

Si MA = $\frac{1}{3}$ AB, AB est le joint de rupture. On essaye un joint plus haut, si MA < $\frac{AB}{3}$, plus bas, si MA : $\frac{AB}{3}$.

4. — Annales des Ponts et Chaussées, 1840, 1" semestre, page 50, « Sur l'équilibre des roûtes en berceau », par M. E. Méry.

5. — Elle est exposée par Morandière : « Traité de la Construction des Ponts et Viaducs », p. 246. — Paris, Duned, 1874.

6. — M. Résal : « Emplacements, — Débouchés, — Fondations, — Ponts en maçonnerie, » p. 188, Paris, Baudry et Ci°, 1896.

7. - Morandière et Croizette-Desnoyers admettent comme angle du joint de rupturo avecla verticale :

,, and an area		Plein cintre				
	Plein cintre	Ellipse au 1/3 au 1/4		au 1/5	à tympans élégis	
Morandière Croizette-Desnoyers.		45° 45°	40° 40°	naissances 43°	naissances	» 58° à 56°

Morandière: Loc. cit., renvoi 5, p. 208, Paris, Dunod, 1874. Croizette-Desnoyers: « Cours de Construction des Ponts », p 412 et 462, Paris, Dunod, 1885. Pour les arcs assez et très surbaissés, on admet que le joint des naissances est le joint de rupture, bien que la résultante passant par le 1/3 ne lui soit pas normale.

La méthode, dite de Méry, a été appliquée à un très grand nombre de grandes voûtes qui ont tenu : elle est fort simple, très pratique, très suffisante pour les voûtes courantes.".

Il est bon de toujours commencer par faire une épurc Méry : elle donne fort approximativement la poussée, elle indique si et comment il faut modifier la courbe moyenne.

En Allemagne, on a souvent ainsi opéré :

On étale la surcharge sur toute la voûte; on trace la courbe Méry, et une autre par les milieux de la clef et des retombées.

Puis on ne surcharge qu'une demi-voûte; on trace une courbe de pression par le milieu de la clef, par le 1/3 inférieur de la retombée du côté chargé, par le 1/3 supérieur de la retombée du côté non chargé.

Si tontes ces courbes restent dans le noyau central, on suppose la voûte stable.

Art. 3. — Si les voussoirs sont élastiques (élastiques comme l'entend la Résistance des Matériaux), on leur peut appliquer les 3 équations (de déformation).

A. - La pierre est beaucoup plus déformable que l'acier. - Soient :

E, le coefficient d'élasticité d'un « matériau »,

$$E(e^{-kg}/e^{-r}) = \varepsilon \times \overline{10}^{\circ}$$
 ou $E(e^{-kg}/\overline{e^{-0}})^{2} = \varepsilon \times \overline{10}^{\circ}$

 ΔI_{**} le raccourcissement évalué en microns (μ) d'un prisme de 1^m de long, sous une pression $\beta \left(\frac{\log \sqrt{|\beta|^2}}{|\beta|^2}\right)$

long, some une pression
$$\beta \left(\frac{kg}{\sqrt{g^{\mu}01}^2}\right)$$

On a: $\Delta I.\left(\frac{e^{\mu}}{sur^{\mu}}\right) = \frac{10 \beta \left(\frac{kg}{\sqrt{g^{\mu}01}^2}\right)}{\epsilon}$

z est, pour l'acier, 22 à 25 ; pour la maçonnerie de voûte, 0,3 à 3. *

A pression égale par 0^m01², les raccourcissements sont de 7 à 83 fois plus grands dans la maçonnerie que dans l'acier¹⁰.

Il était donc fort naturel de calculer les grandes voûtes comme des arcs élastiques homogènes, c'est-à-dire avec les deux hypothèses que traduisent les formules dites de déformation de la Résistance des Matériaux : je suis, pour être clair, forcé de les rappeler.

B. - Hypothèses de la Résistance des Matériaux.

B. - Hypothèse de Hooke 11. - Tant que l'effort par unité reste au-dessous

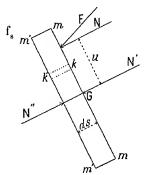
^{8. -} Pour les petites voites, on adopte, sans épure, des épaisseurs justifiées par une longue pratique.

^{9. -} Voir plus loin, Titre III, chap. IV, § 1 et 2.

^{10. -} L'acier travaillant à 1.000, une pierre de a = 1 travaillant à 40, ont la même déformation.

^{11. -} a ul tensio sie ris a, - Robert Hooke (1635-1703) : « De Potentia restitution », - Londres, 1678.

d'une limite, dite d'élasticité, l'allongement ou le raccourcissement est proportionnel à l'effort, c'est-à-dire que, pour un même corps, le rapport de l'effort à la déformation, dit « coefficient d'élasticité », est constant ¹².



 $B_{\mbox{\tiny s}}$ - Hypothèse de Navier. — Une section transversale reste plane après flexion.

Soit (f_s) une tranche d'épaisseur ds, symétrique par rapport au plan vertical contenant les forces extérieures, pressée par une force normale N, à u de son centre de gravité G.

Soient:

 Ω la surface de la section m m;

I son moment d'inertie par rapport à un axe perpendiculaire au plan de la figure en G;

E le « coefficient d'élasticité » dans le sens de la fibre moyenne.

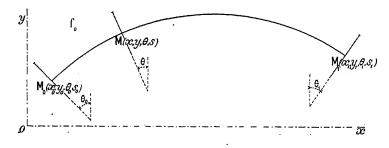
Je mène par G deux forces parallèles N', N'', égales à N et de sens contraires.

N' comprime uniformément la tranche de $\frac{\mathrm{N}\ d\mathrm{s}}{\mathrm{E}\ \Omega}$ (Hooke).

Le couple N u fait tourner la face mm par rapport à m'm' d'un angle $d\theta$.

En supposant que chaque fibre, telle que $k\,k'$ « se comporte comme une tige isolée et qu'elle n'est pas influencée par les fibres voisines, » 13 que, par conséquent, on peut lui appliquer l'hypothèse de Hooke, — que toute la section reste plane après flexion (Navier), qu'ainsi, non seulement la partie comprimée et la partie tendue sont chacune restées planes après déformation, mais aussi la section entière, c'est-à-dire que les coefficients d'élasticité à la tension et à la compression sont égaux, on trouve : $d\,\theta = \frac{\mathrm{N}\,u\,d\,s}{\mathrm{E}\,\mathrm{I}}$.

C. - Équations de déformation. — Soient (f_0) :



 M_{\circ} (x_{\circ} , y_{\circ} , θ_{\circ}), $M_{\iota}(x_{\iota}, y_{\iota}, \theta_{\iota})$, un arc de la fibre moyenne avant déformation;

M (x, y, θ) , un point de l'arc;

α, le coefficient de dilatation linéaire.

12. — E =
$$\frac{\beta \left(\frac{kg}{r^{mx}} \right)}{\frac{dL}{L} \left(\frac{en \, memes}{unités} \right)} = \frac{effort \, par \, unité \, de \, surface}{allongement \, par \, unité \, de \, longueur}$$

13. — Bresse, « Résistance des Matériaux ». p. 33, Paris, 1866.

Supposons appliqués:

1º au G de chaque section transversale, un effort normal N;

2° autour de G de chaque section, un couple $\mathfrak{M} = N u$.

(N et u variables d'une section à l'autre).

Supposons enfin que la température de l'air change de te.

Les déplacements de M_o (Δx_o , Δy_o , $\Delta \theta_o$) étant supposés connus, ceux de M_1 (Δx_i , Δy_i , $\Delta \theta_i$) sont donnés par ces trois formules dites de déformation ¹⁴:

$$\Delta \theta_{i} = \Delta \theta_{0} + \int_{s_{0}}^{s_{1}} \frac{\mathfrak{M} ds}{\operatorname{E} I}$$

$$\Delta x_{i} = \Delta x_{0} - \Delta \theta_{0} (y_{i} - y_{0}) - \int_{s_{0}}^{s_{1}} \frac{\mathfrak{M} (y_{i} - y) ds}{\operatorname{E} I} + \int_{x_{0}}^{s_{1}} \frac{\operatorname{N} dx}{\operatorname{E} \Omega} + \alpha t (x_{i} - x_{0})$$

$$\Delta y_{i} = \Delta y_{0} + \Delta \theta_{0} (x_{i} - x_{0}) + \int_{s_{0}}^{s_{1}} \frac{\mathfrak{M} (x_{i} - x) ds}{\operatorname{E} I} + \int_{y_{0}}^{y_{i}} \frac{\operatorname{N} dy}{\operatorname{E} \Omega} + \alpha t (y_{i} - y_{0})$$

Si l'arc est inarticulé, ou, — comme on le dit souvent, — « encastré » aux naissances, les points $M_{\circ},\,M_{{}_{\!4}},\,$ les sections $M_{\circ},\,M_{{}_{\!4}}$ sont immobiles :

$$\Delta x_0$$
, Δy_0 , $\Delta \theta_0$ Δx_1 , Δy_1 , $\Delta \theta_1$ sont nuls

La première équation se réduit à :

$$\int_{s}^{s_1} \frac{\mathfrak{M} \, ds}{\operatorname{E} 1} = 0$$

Elle exprime que la somme des rotations de chaque section par rapport à la précédente est nulle entre les retombées.

Les deux autres deviennent :

$$\int_{S_0}^{S_1} \frac{\mathfrak{M} y \, ds}{\operatorname{E} I} + \int_{x_0}^{x_1} \frac{\operatorname{N} dx}{\operatorname{E} \Omega} + \alpha \, t \, (x_1 - x_0) = 0$$
$$- \int_{S_0}^{S_1} \frac{\mathfrak{M} x \, ds}{\operatorname{E} I} + \int_{y_0}^{y_1} \frac{\operatorname{N} dy}{\operatorname{E} \Omega} + \alpha \, t \, (y_1 - y_0) = 0$$

II, N, s'expriment en fonction des forces extérieures autres que la réaction de l'appui M_o, lesquelles sont connues, et en fonction de cette réaction inconnue.

M. Résal. — Résistance des Matériaux. — Paris, Baudry, 1898, p. 247 et suivantes.

^{14. —} Bresse. — « Cours de Mécanique aprliquée », 2º édition, 1º Partie, Paris, Gauthier-Villars, 1866 p. 90 et suivantes.

M. Résal a, le premier en France, enseigné à calculer des voûtes par les formules de déformation 15, 16.

D. - Les équations de déformation ne tiennent pas compte de la rigidité des tympans. — Elles supposent que l'arc se déforme librement, que les charges lui sont transmises comme par des tiges verticales isolées.

Il n'en est point ainsi : les tympans, les plinthes sont rigides et soulagent l'arc 17.

On l'a observé aux viaducs de la ligne d'Issy à Viroflay 18, aux ponts de Lavaur 19 et Antoinette 20.

Art. 4. — En pratique, graphiquer au lieu de calculer.

Le calcul est laborieux, rebutant : on y peut, sans s'en apercevoir de quelque temps, commettre de grosses erreurs.

Le graphique fatigue moins; il se prête mieux à toutes les combinaisons de surcharges; avec lui, on voit.

Tous deux viennent d'hypothèses inexactes: la précision du calcul y est fort inutile; celle du graphique suffit; il n'y a vraiment pas à s'inquiéter des décimales quand les entiers sont suspects.

A l'Appendice, Tome V, je donnerai tout ce qu'il faut pour faire une épure de voûte, et ce qui résulte d'un grand nombre d'épures.

15. — MM. Degrand et Résal: « Ponts en maçonnerie », Tome premier: « Stubilité des voûtes », p. 103 et suivantes, — Paris, Baudry et C", 1887.

M. Résal : « Emplacements, débouchés. Fondations des Ponts en magonnerie », p. 191 et suivantes, — Paris, Baudry, 1896.

M. Résal : « Stabilité des Constructions », p. 367 et suivantes, — 564 et suivantes, — Paris, Béranger, 1901.

Voir aussi:

M. Pigeaud: Annales des Ponts et Chaussées, 1905, 2° trimestre, p. 202: « Calcul des arcs encastrés ».

M. Auric: « Ponts en maçonnerie: Calcul et Construction », p. 250 et suivantes, — Paris, Octave Doin et fils, 1911.

16. - Je me permets de rappeler ici une indication donnée en 1886 :

« Avec des modules de résistance moindres et un coefficient d'élasticité bien plus roisin de celui de « rupture, une voûte à ciment se comporte comme un arc en fonte encastré aux naissances; on lui doit « donc appliquer, non plus les hypothèses surannées basées sur les expériences de Boistard, mais les « formules de la Résistance des Matériaux, contrôlées par la mesure directe, faite avec des instruments « assez précis, des mouvements au décintrement, sous l'action des charges et de la température, du « coefficient d'élasticité... »

Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1886, p. 427 : « Construction des Ponts du Castelet, de Lavaur et Antoinette ». Ce contrôle des formules de déformation, on l'attend encore.

17. — C'est ainsi que les longerons et le tablier d'un ouvrage en métal, en béton armé, solidarisent ses pièces de pont, reportent sur ses voisines une partie de ce qui en charge une. Génic Civil, 24 noût 1912 : « Etude sur la solidarité des pièces de pont », M. Lossier.

18. — Revue Générale des Chemins de fer, juillet 1902, p. 9: « Notes sur les travaux de la ligne d'Issy à Viroftay », M. Rabut

19. — Tome II. p. 143 20. — Tome II, p. 149.

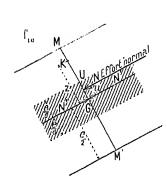
CHAPITRE II

ON CONNAIT L'EFFORT TOTAL N SUR UNE SECTION, SA DISTANCE *u* AU CENTRE DE GRAVITÉ. COMMENT N SE DISTRIBUE-T-IL SUR LA SECTION? EFFORTS PAR UNITÉ EN CHAQUE POINT

§ 1. — FORMULES

Menons par le centre de gravité G, deux forces N', N" égales à N et de sens contraires (f₁₀).

L'effort normal N' produit une pression uniforme $\frac{N}{\Omega}$.



Le couple de flexion Nu produit en un point K à z de G un effort : $\frac{N u z}{I}$.

L'effort total par unité à s de G est donc :

$$\beta_z = \frac{N}{\Omega} + \frac{N u z}{I} = \frac{N}{\Omega} \left[1 + \frac{u z \Omega}{I} \right]^{-21}$$

Soit, pour une section rectangulaire de hauteur eet de 1^m de largeur 22 :

$$\beta = \frac{N}{e} \left[1 + \frac{12 u s}{e^2} \right]$$

 $\beta = \frac{N}{e} \left[1 + \frac{12~u\,s}{e^2} \right] \, .$ L'effort par unité est maximum à l'extrémité M du même côté que N par

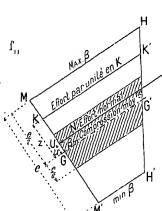
rapport à G
$$\left(z = \frac{e}{2}\right)$$
, minimum à l'autre $\left(z = -\frac{e}{2}\right)$

$$\left\{\begin{array}{l} \text{Max } \beta \text{ (en M)} = \frac{N}{e} \left[1 + \frac{6u}{e}\right] \\ \text{Min } \beta \text{ (en M')} = \frac{N}{e} \left[1 - \frac{6u}{e}\right] \end{array}\right\}$$

§ 2. — REPRÉSENTATION GRAPHIQUE

Art. 1. — Le centre de pression U est dans le noyau central :

 $u < \frac{e}{G}$. — (Règle du trapèze).



 $M'H' = \min \beta.$ $MH = MAX \beta;$ Soient (f.,): Considérons le trapèze M H M' H'.

K K'est l'effort par unité en K, à z de G.

L'effort par unité en G, G G' est la pression

movenne:
$$\beta_{\rm m} = \frac{{
m N}}{e} = \frac{{
m Max} \ {
m \beta} + {
m min} \ {
m \beta}}{2}$$

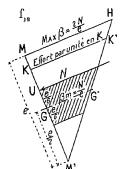
L'effort normal N fait équilibre à toutes les forces élémentaires développées sur M M': il passe donc par le centre de gravité du trapèze et est égal à sa surface.

Si N passe par G, u=0 : le trapèze devient un rectangle de surface N; sur MM', la pression est partout $\frac{N}{e}$.

21. – N en kilogs, les longueurs en m. – Alors β en $\frac{\text{kg}}{1^{-2}}$. 22. – $\Omega = e$ $I = \frac{1}{12}e^{a}$ (e en m).

Art. 2. — Le centre de pression U est à la limite du noyau central : $u = \frac{e}{6} (f_{13})$.

$$M H = Max \beta = \frac{2 N}{e} = 2 \beta_m$$
 $Min \beta = 0.$



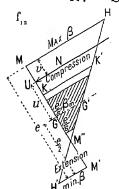
Le trapèze M H M' H' de f,, est devenu le triangle M H M' de f...

K K' est l'effort par unité en K.

L'effort normal N passe par le centre de gravité du triangle et est égal à sa surface.

Art. 3. — Le centre de pression U est hors du noyau central $u > \frac{e}{6}$.

A. - Si la maçonnerie pouvait travailler à la tension



Soient (f_{is}) :

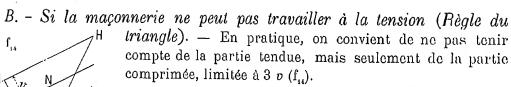
$$M H = Max \beta$$
 $M' H' = min \beta$ (ici negatif)

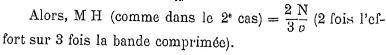
$$M M'' = M M' \frac{M H}{M H + M' H'} = \frac{1}{2} \left[v + 6 u \right]$$

Soit
$$o = \frac{e}{2} - u$$
, MM" = $2e - 3o$.

K K' est l'effort par unité en K. C'est une compression du même côté que N par rapport à M'', — une tension du côté opposé.

N est la différence des surfaces M H M", M" H' M'.





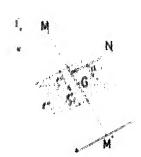
TITRE III

RELATION ENTRE LES CHARGES ET LA FORME DE LA VOÛTE

CHAPITRE 1

ON DOIT TRACER LA FIBRE MOYENNE DE FAÇON QUE LES COURBES DE PRESSION S'EN ÉCARTENT LE MOINS POSSIBLE

En tous les points d'un ouvrage, la maçonnerie devrait travailler à son effort maximum.



On vient de rappeler que, quand une section M M' (f_i) est soumise à un effort normal N, la pression maxima par unité β s'exerce en M, et est, pour $u \leq \frac{e}{6}$:

Max
$$\beta = \beta_m$$
 = $\frac{\text{pression}}{\text{moyenne}} \frac{N}{e} \left\{ \left(1 + \frac{6 u}{e} \right) \right\}$

Pour rapprocher MAX β de β_m , il faut diminuer u, v'est-n-dire adopter une fibre moyenne telle que la courbe de pression la plus éloignée s'en écarte peu.

Un s'est sonvent borné à vérifier que les funiculaires des charges coupant la clef et les retombées en des points convenus, milieu ou tiers, ne sortaient pas du novau central.

Micux: on a tracé par les milieux de la clef et des retombées le funiculaire des pards morts, soit seuls, soit en y ajoutant ou la moitié de la surcharge ou toute, et pris ce funiculaire comme nouvelle fibre moyenne.

Pour les très grandes voûtes, les très surbaissées, on doit construire toutes les courbes de pression, puis modifier le tracé de la voûte, pour les rapprocher de la fibre moyenne.

CAS D'UNE VOÛTE INFINIMENT MINCE

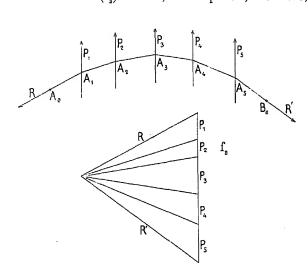
RELATION ENTRE:

D'UNE PART, LA FORME D'UNE VOÛTE INFINIMENT MINCE, INCOMPRESSIBLE, DONT CHAQUE ÉLÉMENT S'ORIENTE SUIVANT LA RÉSULTANTE DES FORCES QUI LUI SONT APPLIQUÉES 1, C'EST-A-DIRE UNE COURBE FUNICULAIRE DES CHARGES;

D'AUTRE PART, UNE LIGNE LIMITANT LES CHARGES VERTICALES COMPTÉES A PARTIR DE LA VOÛTE, DITE LIGNE DE CHARGE.

§ 1. — PRÉLIMINAIRES

Art. 1. — Rappel de la notion des courbes funiculaires. — Considérons (f₂) un fil, sans poids, flexible, inextensible, attaché en deux points



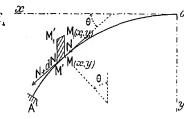
A_o et B_o, soumis à des forces verticales, mais agissant de bas en haut, P₁, P₂,... Il prendra la forme d'un polygone dont chaque côté s'oriente suivant la résultante des actions d'un même côté, forces P₁, P₂,... et réaction de l'attache; c'est le polygone funiculaire des forces P₁, P₂,...

Si les forces se rapprochent, ses côtés diminuent, chacun d'eux demeurant orienté suivant la résultante des forces qui agissent sur lui, laquelle est ici une tension: les tensions des attaches sont égales et opposées à l'effort des côtés extrêmes.

Supposons maintenant que les forces verticales soient des poids, agissant de haut en bas; que le fil soit incompressible au lieu d'être inextensible.

On aura le même polygone des forces, le même funiculaire; chaque élément restera orienté suivant la résultante des forces situées d'un même côté; mais cette résultante, les réactions des appuis, sont alors des compressions ².

Art. 2. — Définition de la ligne de charge. — Soit 0 le sommet d'une voûte AO infiniment mince (f₄).



En un point quelconque M(x, y), élevons une verticale sur laquelle M(x, y), elevons hauteur de maçonnerie de même densité γ que celle de la voûte, la charge en M.

Le lieu de $M_1(x_i, y_i)$ est la ligne de charge.

1. — Par exemple une chaîne d'acier faite de maillons pleins M, mobiles autour de tourillons t (f_2).

2. — Pour se représenter de suite la forme de la fibre moyenne, le plus simple est de continuer à supposer le fil flexible et les forces de bas en haut.

Art. 3. — Relation entre la fibre moyenne (courbe funiculaire) et la ligne de charge. — M M' (f4) est en équilibre sous l'action de : N à droite de M M_4 , N + dN à gauche de M' M'_4 , $\gamma (y - y_4) dx$, poids de la tranche de maçonnerie M M, M', M'.

Écrivons que:

la variation de la projection horizontale est nulle :

$$d \; (N \; \cos \theta) = 0$$
 ou $N \; \cos \theta = Constante = H \; (poussée horizontale);$

la variation de la projection verticale est γ $(y-y_i)$ dx:

$$d \text{ (N sin } \theta) = d \left[\frac{H}{\cos \theta} \sin \theta \right] = d \text{ (H Tang } \theta) = H d \left(\frac{dy}{dx} \right) = \gamma \text{ (y - y_1)} dx$$

$$H \frac{d^2y}{dx^2} = \gamma \text{ (y - y_1)}$$

Si on se donne la fibre moyenne y, la ligne de charge est :

$$y_1 = y - \frac{11 \quad d^2 y}{\gamma \quad dx^2}$$

On l'a par une simple dérivation.

Si on se donne la ligne de charge y_i , il faut, pour avoir la fibre moyenne y, intégrer une équation différentielle, ce qui n'est pas souvent possible.

Art. 4. — Poussée horizontale H dans une voûte funiculaire infiniment mince:

Timent mince:

(en kg.) = 7
$$\binom{\text{poids du m. c.}}{\text{de mayonneric, en kg.}} \times h_o \binom{\text{charge à la clef}}{\text{en hauteur de ma-}} \times \rho_o \binom{\text{rayon de courbure}}{\text{de la voûte}}$$
à la clef, en m .

Pour la clef $(f_{\scriptscriptstyle{b}})$:

13

$$y = 0 \qquad \frac{dy}{dx} = 0 \qquad \rho_0 = \frac{1}{\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)_0} \qquad y_1 = -h_0$$

$$II = \gamma h_0 \rho_0$$

Il est le produit du poids sur la clef γ h_{\circ} par le rayon de courbure à la clef $^{\circ}$.

3. — On a proposé des formules empiriques de e_0 en fonction de ρ_0 .

Celle-ci : $e_{\circ} = \frac{1}{3} (1 + 0.2 \, \rho_{\circ})$ est attribuée à Saint-Guilhem par Déjardin (Routine de l'établissement

Dans la monographie du pont sur la Big-Muddy River (Tome I, p. 225, renvoi 2), j'ai cité celles de $e_{\rm o} = 0.191 \sqrt{\rho_{\rm o}}$ (ponts à une arche)

 $e_{\circ} = 0.227 \sqrt{\rho_{\circ}}$ (ponts à plusieurs arches)

§ 2. — DE LA FIBRE MOYENNE, DÉDUIRE LA LIGNE DE CHARGE, C'EST-A-DIRE :

COMMENT FAUT-IL CHARGER UNE VOÛTE

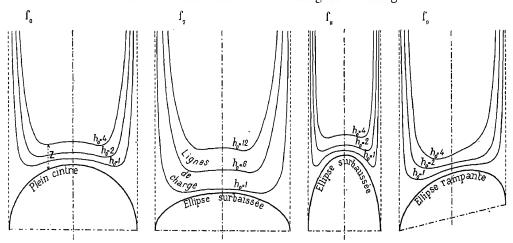
POUR QU'ELLE SOIT UNE COURBE FUNICULAIRE DES CHARGES ?

Art. 1. — Plein cintre. Ellipse.

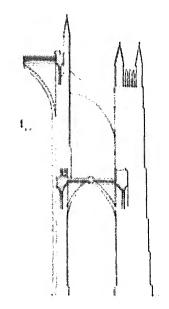
	Plein cintre (r)	Ellipse (a, b)
Fibre moyenne $y =$	$r\left(1-\sqrt{1-\frac{x^2}{r^2}}\right)$	$b\left(1-\sqrt{1-\frac{x^2}{a^2}}\right)$
Poussée horizontale $H=\gamma h_{\circ} \rho_{\circ}=$	$\gamma \ h_o \ r$	$\gamma h_o \frac{a^2}{b}$
Charge complée à partir de la voûte (distance verticale entre la fibre moyenne y et la ligne de charge y_1): $Z = y - y_1 = \frac{H}{\gamma} \frac{d^2 y}{dx^2} = h_0 \rho_0 \frac{d^2 y}{dx^2} =$	$\frac{h_{\rm o}}{\left(1-\frac{x^2}{r^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$	$\frac{h_{\mathbf{o}}}{\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$
Charge sur les naissances	∞ (Les verticales des appuis	sont les asymptotes de y.).

Voici ($f_{\mbox{\tiny 6}}$ à $f_{\mbox{\tiny 9}})$ quelques lignes de charge :

Voûtes infiniment minces et leurs lignes de charge.



Au lieu du plein cintre entier de $f_{\mathfrak{o}}$, n'en considérons qu'une moitié : la ligne de charge aura toujours une asymptote verticale à la naissance.

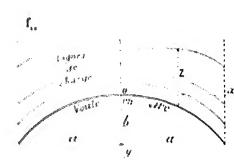


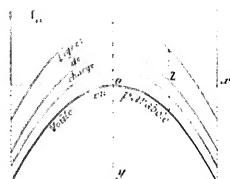
Supposons que l'arc soit la fibre moyenne d'un arc boutant poussé par une voûte d'arête (f₁₀). La ligne de charge s'inscrira fort exactement dans l'arc boutant et son contrefort, si utilement lesté d'un pinacle.

Les Architectes de nos vieilles cathédrales sentaient l'équilibre des voûtes.

Art. 2. — Arc de cercle. Arc d'ellipse (fn). -- Arrêtons aux verticales des retombées ce qu'on vient de trouver pour le plein cintre et l'ellipse.

	de portée 2 a de montée b						
	Are d'ellipse $\left(\frac{1}{2} \text{ axes} : a^{\prime} b^{\prime}\right)$						
	$r\left(1-\sqrt{1-\frac{x^2}{\mu^2}}\right)$	$b'\left(1-\sqrt{1-\frac{x^2}{a'^2}}\right)$					
Charge sur la voute: Z=y-y,==	$\frac{h_0}{\left(1-\frac{d^2}{\mu^2}\right)^{\frac{3}{4}}}$	$\left(1-\frac{u^2}{u^{2}}\right)^{\frac{3}{2}}$					
Charge aux retombées	$\frac{h_0}{\left(1-\frac{a^2}{\mu^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$	$\frac{h_0}{\left(1-\frac{a^2}{u^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{2}}}$					





Art. 3. — Parabole (fa). — A la funienlaire $y = \rho x^2$, de poussée $H = \gamma h_0 \rho_0 = \frac{\gamma h_0}{2\rho}$. correspond la ligne de charge :

$$y_1 = \rho x^2 - \frac{2 \text{ II } \rho}{\gamma} = \rho x^2 - h_0.$$

C'est la funiculaire déplacée de ho. La charge est constante, et partout h_{\bullet} .

Nrt. 4. — Projection de chaînette. $y = k \left(e^{\frac{1}{h}} + e^{-\frac{1}{h}} - 2 \right)$ Pour une charge h_a à la clef : $11 = \gamma h_a \rho_a = \gamma h_a \frac{p^2}{2 k}$

$$y = k \left(e^{\frac{1}{p}} + e^{-\frac{1}{p}} - 2 \right)$$

$$H = \gamma h_0 \rho_0 = \gamma h_0 \frac{\mu^2}{9 h}$$

La ligne de charge est :

$$y_{1} = y - \frac{H}{\gamma} \frac{d^{2}y}{dx^{2}} = y - \frac{h_{0} p^{2}}{2 k} \cdot \frac{k}{p^{2}} \left[e^{\frac{x}{p}} + e^{-\frac{x}{p}} \right] = \frac{1}{k} \left(k - \frac{h_{0}}{2} \right) y - h_{0}$$

Pour $k=+\frac{h_{\rm o}}{2}$, $y_{\rm i}=-h_{\rm o}$.

La ligne de charge est une droite.

Ainsi, la projection de chaînette $y=\frac{h_o}{2}\left(e^{\frac{ir}{p}}+e^{-\frac{ir}{p}}-2\right)$ a comme ligne de charge la droite $y_i=-h_o$.

La poussée est :

$$H = \gamma h_0 \frac{p^2}{h_0} = \gamma p^2.$$

On peut donc écrire l'équation sous cette forme :

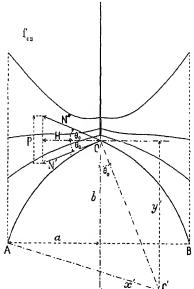
$$y = \frac{h_o}{2} \left[e^{\sqrt{\frac{11}{\gamma}}} + e^{-\frac{x^*}{\sqrt{\frac{11}{\gamma}}}} - 2 \right] .$$

Nous la retrouverons.

Art. 5. — Courbe pouvant remplacer une projection de chaînette : $y = \frac{m \cdot x^{2-4}}{n^2 - x^2}$. — La charge est :

$$Z = y - y_1 = \frac{\Pi}{\gamma} \frac{2 m n^2 (n^2 + x^2)}{(n^2 - x^2)^3};$$

sur la clef :
$$h_{\rm o} = \frac{\rm H}{\gamma} \, \frac{2 \, m}{n^2}$$
.



On a pour l'arc de gauche O A :

$$y = y' - \sqrt{r^2 - (x + x')^2}$$

La charge est:

$$Z = y - y_1 = \frac{II}{\gamma} \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{II}{\gamma} \frac{r^2}{\left[r^2 - (x + x')^2\right]_2^{\frac{3}{2}}};$$

Sur la clef:

$$h_0 = \frac{\text{II}}{\gamma} \frac{r^2}{y'^3} .$$

A la clef, la compression N' sur l'arc de gauche est inclinée sous l'horizon de :

Tang
$$\theta_0 = \frac{x'}{y'}$$

$$N' = \frac{11}{\cos \theta_0}$$

4. - Voir Tome III, p. 337.

Sur l'arc de droite, la compression N''=N' est inclinée de même sur l'horizon. Il faut, pour l'équilibre, charger la pointe de l'ogive d'un poids :

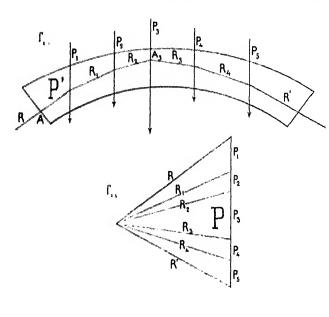
$$P = 2 \text{ N'} \sin \theta_0 = 2 \text{ II Tang } \theta_0 = 2 \gamma h_0 \frac{y'^3}{r^2} \times \frac{x'}{y'} = 2 \gamma h_0 \frac{x' y'^2}{r^2}$$

§ 3. — RELATION ENTRE QUELQUES FORMES DE FUNICULAIRES ET QUELQUES DISPOSITIONS DES CHARGES

Scient P, P, P, P, P, les charges (f,,).

Supposons que l'on ait déterminé une des réactions R et son point d'application A.

Construisons le polygone des forces P (f₁₄) et le funiculaire P' (f₁₅).





Si un poids lourd P_s est appliqué en A_s, le funiculaire y a une chute : contre P_s, la voûte fait pointe.

Si c'est au sommet, on brisera la voûte en ogive.

Réciproquement, il faut charger la clef d'une ogive 5.

Si la voûte, peu chargée au cerveau, porte aux reins deux poids isolés P_i, P_i (f_{io}), le funiculaire, plat au cerveau, aura une chute aux reins.

Réciproquement, pour la stabilité d'une voûte dont ce funiculaire est la fibre moyenne, il faut peu de charge au cerveau, deux poids isolés aux reins.

Si, sur le dos d'une voûte, court un viadue, le funiculaire est un polygone dont chaque sommet est sous une pile du viadue.

Les charges et la fibre moyenne sont réciproques.

Si la fibre moyenne a été tracée pour une certaine disposition des charges, il faut, pour la stabilité, lui faire porter ces charges-là.

Par exemple, on ne doit décintrer une voûte en ogive qu'après l'avoir chargée à la clef; une voûte en arc de cercle cambrée en vue du poids des tympans, qu'après avoir construit les tympans.

Les derniers côtés d'un funiculaire de poids verticaux ne sont jamais verticaux : il y a toujours une poussée horizontale aux retombées.

5. — C'est ainsi qu'on a judicieusement chargé d'une petite chapelle la clef du pont de Martorell (Tome III, p. 313).

On peut l'annuler, soit complètement par une arche voisine de même poussée, soit partiellement par une arche de poussée moindre.

Mais dans une voûte isolée, la fibre moyenne n'est jamais verticale aux naissances : ceci condamne les pieds-droits verticaux et justifie les culées perdues.

On reviendra plus tard avec détails sur tout ceci : c'est assez important pour être dit deux fois.

CHAPITRE III

VOÛTE D'ÉPAISSEUR FINIE

SOUMISE A DES CHARGES OU SURCHARGES CONTINUES

RECHERCHE PAR LE CALCUL DE LA FORME A LUI DONNER
POUR QUE LE TRAVAIL MAXIMUM Y DÉPASSE PEU LE TRAVAIL MOYEN
C'EST-A-DIRE POUR QUE LES COURBES DE PRESSION
S'ÉCARTENT PEU DE LA FIBRE MOYENNE

§ 1. — HYPOTHÈSES ADMISES

Je laisse de côté, comme peu ou point appliquées, les méthodes de Carvallo 6, Yvon Villarceau 7, Saint-Guilhem 8, et rappelle seulement les recherches de Denfert-Rochereau 9,10, de MM. Tourtay, Legay, Tolkmitt. Après Denfert-Rochereau, voici ce qu'ils admettent :

La courbe limitant la charge est une droite horizontale à h_o au-dessus de la tangente au sommet : la surface de charge est continue, homogène, sans vides, même si les tympans sont évidés.

La voûte n'est soumise qu'à des forces verticales.

On a précédemment établi ¹¹ que, réduite à sa fibre moyenne, courbe funiculaire, cette voûte est la projection de chaînette :

$$y = \frac{h_0}{2} \left[e^{\frac{J^2}{\sqrt{\frac{H}{I}}}} + e^{-\frac{J^2}{\sqrt{\frac{H}{I}}}} - 2 \right]^{12}$$

 h_o est la charge sur la clef en hauteur de maçonnerie, H la poussée horizontale, γ le poids du m. c. de maçonnerie.

6. — Annales des Ponts et Chaussées, 1853-I.

7. — Revue générale de l'Architecture et des Travaux Publics, 1844, p. 58 « Equilibre des voûtes en berceau cylindrique ».

8. — Après Yvon Villarceau, Saint-Guilhem suppose « que la maçonnerie des reins et la surcharge de « la roûte produisent sur l'extrados le même effet qu'un liquide homogène affectant la même forme et « ayant la même densité que le massif de la voûte;... »

Il a donné des tables permettant de tracer l'intrados et l'extrados, de façon que la courbe de pression

coïncide avec la fibre moyenne.

Annales des Ponts et Chaussées, 1859, 1er semestre, p. 83 « Mémoire sur l'établissement des arches de pont assujetties aux conditions du maximum de stabilité ».

On a appliqué sa méthode à l'arche de 40^m de Signac, 1871-72 (Tome I, p. 131), à la voûte de 33^m sur la Gimone (Ligne de Toulouse à Auch), 1875-76...

9. — Le défenseur de Belfort, alors Capitaine du Génie, Professeur à l'Ecole d'Application de Metz.
10. — Revue générale de l'Architecture et des Travaux Publics, 1859 « Mémoire sur les voûtes en berceau portant une surcharge limitée à un plan horizontal ».

11. - Chap. II, § 2, art. 4.

12. — Dans son Mémoire « sur l'équilibre des voûtes en herceau » (Annales des Ponts et Chaussées, 1840, I, p. 56), Méry avait signalé p. 69 « l'analogie entre la chaînette et la courbe de pression ».

La projection verticale $e\cos\theta$ de l'épaisseur e en un point quelconque est constante : c'est l'épaisseur à la clef $e_{\rm o}$ $({\rm f}_{ij}),$



Dans une section quelconque la pression moyenne est:

$$\frac{N}{r} = \frac{N}{\frac{r_0}{r_0}} = \frac{N \cos \theta}{r_0} = \frac{\Pi \left(\frac{\text{poussée}}{\text{horizontale}}\right)}{r_0}$$

Elle est constante.

\$ 2. MÉTHODE DE M. TOURTAY 18

M. Tourtay s'est proposé de déterminer, non la fibre moyenne, mais l'intrados, puis l'extrados de la voûte.

Il la suppose d'abord réduite à un filet élémentaire, projection de chaînette. Pour passer à la voûte épaisse, voici son ingénieux raisonnement :

 Imaginuns.... qu'an lieu d'avoir un seul filet supportant la charge totale, nous superposions par le sommet un nombre n de ces filets, chacun d'eux « supportant une fraction 1 de la charge, et faisons croître n indéfiniment 11. »

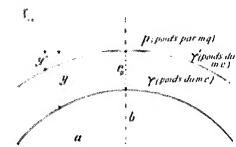
Si on pouvait superposer les filets sans vide, on constituerait une voûte ayant partout la même pression movenne.

Il reste toujours du vide; mais on détermine les constantes de manière à le réduire à un minimum négligeable pour les voûtes surbaissées à plus de 1/7.

Dans une voûte ainsi constituée, on peut tracer une courbe de pression passant, à très peu près, au milieu de tous les joints.

Tous les filets, en particulier les courbes d'intrados et d'extrados, la fibre moyenne, toutes les courbes de pression, sont des projections d'une même chaînette.

Soit:
$$k = \frac{1}{2} \left(m + \frac{1}{\omega} - 2 \right)$$



M. Tourtay établit 15 des formules qui se résument ainsi : (voir l'is pour le sens des lettres).

$$\frac{1}{k} = \frac{p + \gamma c_0}{\gamma' b} \left[1 - \frac{c_0 b \left[\frac{\gamma}{\gamma'} - 1 \right]}{\frac{\gamma c_0 b}{\gamma'} + a^2 \left(\frac{\omega - 1}{\omega + 1} \right)^2 \frac{1}{(\text{Log. ne}) \cdot \omega)^2} \right]$$

» Etude sur le culcul des arches surbaissées en maçonnerie », par C. Tourtay, Ingénieur des Pagita of Chaumben

Messie tiénérale de l'Architecture et des Travaux Publics, - 43° volume, Paris, André, Duly fils et Cº, 1886, p. 15.

...id..., p. 20.

15. ... lie, cit., renrui 13, p. 20, 64 et suivantes. Dans une note du Il novembre 1891 (non publice), M. Tourtay a retrouvé des équations de même forme pour une chaussée en chaînette aplatie.

Voir aussi : " Natice sur la Construction du Pont Boucleaut », par M. Tourlay.

Annales des l'onts et Chanssers, octobre 1832, p. 482 et suivantes.

Intrados:
$$1 + \frac{k}{b} y = \frac{1}{2} \left[\omega^{\frac{x}{a}} + \omega^{-\frac{x}{a}} \right]$$

Extrados:
$$y' = y \frac{\gamma - \frac{k}{b}(p + \gamma e_0)}{\gamma - \gamma'}$$

Extrados:
$$y' = y \frac{\gamma - \frac{k}{b}(p + \gamma e_0)}{\gamma - \gamma'}$$

Pression moyenne $\beta_0 = \frac{(p + \gamma e_0)(k + 2)}{\log_2 nep} \cdot \frac{\gamma - \gamma'}{\gamma - \frac{p + \gamma e_0}{b}k'}$

M. Tourtay a appliqué ses formules à nombre de grandes voûtes très minces 16. M. de Tedesco en a donné des tables et des graphiques 17.

§ 3. — MÉTHODE DE M. LEGAY

M. Legay 18 retrouve d'abord pour la voûte infiniment mince la projection de chaînette, qu'il appelle « caténoïde » 19.

$$y = \frac{h_0}{2} \left\{ e^{\sqrt{\frac{H}{\gamma}}} + e^{-\sqrt{\frac{H}{\gamma}}} - 2 \right\}$$

Puis, il passe à une voûte d'épaisseur finie; il la suppose d'abord articulée aux reins et à la clef, en détermine la courbe de charge et la remplace par une horizontale équivalente, à ho au-dessus de la clef.

Il détermine h_o , soit par essais successifs, ou mieux comme suit : il suppose la voûte en caténoïde avec ho arbitraire, cherche la courbe de pression passant par les milieux de la clef et des naissances, exprime que pour $x=\frac{2a}{3}$ la courbe de pression et la caténoïde ont même ordonnée : cette relation donne h_o .

La caténoïde, fibre moyenne, et la courbe de pression, déjà communes à la clef et aux naissances, se coupent ainsi pour $x = \frac{2a}{3}$ point où, en général, le centre de pression est le plus loin de la fibre moyenne.

16.	Dates	Ponts (en arcs très surbaissés)	Nombre d'arches	Portée	Surbaiss	
-	1898-1899 1900-1904	Boucicaut, sur la Saône (α) d'Iguerande, sur la Loire (β) de Lays, sur le Doubs (β) d'Arciat, sur la Saône (α) de Digoin, sur la Loire (β)	5 7 5 7	40 ^m 28 ^m 60 26 ^m 31 ^m 26 ^m	1/7,62 1/7,47 1/7,12	α. Intrados en projection de chaînette. β. Intrados en arc d'anse de panier ayant à la clef et aux retombées les rayons de la projection de chaînette.

17. — Tables et graphiques pour le calcul des arches surbaissées en maçonnerie, d'après la méthode de M. Tourtay. — Paris, Baudry, 1891.

18. — « Méthode sur le tracé et le calcul des voûtes en maçonnerie » par M. Legay, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Annales des Ponts et Chaussées, 4e trimestre 1900.

19. — On avait, précédemment, appelé caténoïde la surface engendrée par une chaînette tournant

« Les fonations, elliptiques et leurs applications » par Alfred-George Greenhill. Traduit de l'anglais par J. Griess, Paris,

C'est un cas particulier des « élassoïdes », étudiées par Ribaucour, Ingénieur des Ponts et Chaussées (mort en 1893).

Pour réduire encore l'écart dans les voûtes peu surbaissées $\left(\sigma > \frac{1}{4}\right)$, il prend comme courbe d'essai la caténoïde, déterminée comme plus haut, puis la rectifie par une funiculaire passant par les milieux de la clef et des naissances.

M. Legay adopte comme fibre moyenne la « caténoïde » de la voûte supposée articulée : comme elle ne l'est pas, la courbe de pression ne coïncide plus avec elle : il calcule les écarts des deux courbes et les trouve faibles.

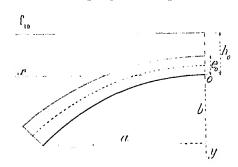
Il a donné des tables permettant de calculer, suivant la portée et le surbaissement, les éléments des caténoïdes.

Il a appliqué ses formules au pont d'Orléans 20.

§ 4. MÉTHODE DE TOLKMITT 21, 22

Cette méthode est très usitée en Allemagne, en Autriche.

Tolkmitt prend comme fibre moyenne la funiculaire des poids morts et de la 1/2 surcharge, passant par les milieux de la clef et des retombées.



Il trouve entre x et y (de l'intrados) une équation fort compliquée que l'on résout à l'aide de tables numériques qu'il donne, mais que, fort judicieusement, il remplace avec très peu d'écart, par une équation de la forme suivante, qui est simple et pratique :

$$y = \frac{m x^2}{a^2 \frac{b+m}{b} - x^2}$$
 (courbe étudiée p. 337).

Soit ρ_o (rayon de courbure à la clef) = $\frac{a^2}{2 \ b \ m} \ (b + m)$.

La courbe peut s'écrire :

$$y = \frac{x^2}{2 \rho_0 - \frac{2 b \rho_0 - \alpha^2}{\alpha^2 b} x^2}.$$

Soit encore h_o la charge sur la clef, exprimée en hauteur de maçonnerie Tolkmitt établit les deux formules :

$$\rho_{o} + e_{o} = \frac{\alpha^{2}}{4 h_{o}} \left[\frac{h_{o}}{b} + \frac{1}{8} + \frac{2 e_{o} h_{o}}{a^{2}} \sqrt{\left(\frac{h_{o}}{b} + \frac{1}{8} + \frac{2 e_{o} h_{o}}{\alpha^{2}} \right)^{2} + \frac{8 e_{o} h_{o}}{\alpha^{2}}} \right]$$

$$H\left(\begin{array}{c} \text{poussée horizontale à la clef sur 1 m. de largeur de } \\ \text{voûte, composante horizontale constante de l'effort sur} \right) = (\rho_o + e_o) \ h_o \ \gamma \left(\begin{array}{c} \text{poids en kg d'un m. c.} \\ \text{de maçonnerie.} \end{array}\right)$$

Si on se donne la poussée par m. q. à la clef β_{\circ} :

$$H = e_{\circ} \beta_{\circ}$$

^{20. -} Tome III, p. 255.

^{21. – «} Leitfaden für das Entwerfen und die Berechnung gewölbter Brücken», von G. Tolkmitt, Königlicher Baurat (3° édition, Berlin, Wilhelm Ernst et fils, 1912).

^{22. -} Mort en 1900.

§ 5. OBSERVATIONS SUR TOUTES CES MÉTHODES

Toutes ces méthodes, d'ailleurs fort ingénieuses, reposent sur des hypothèses qui ne laissent pas de prêter à la critique.

Pour une très grande voûte, il est plus sûr, plus clair, de construire ses courbes de pression, puis de tracer un intrados et un extrados qui les encadrent au mieux.

On a dit ceci au Chapitre I: il est bon de le redire.

CHAPITRE IV

UN ARC EST DIT ÉLASTIQUE
QUAND LES DÉFORMATIONS Y SONT PROPORTIONNELLES
AUX EFFORTS (Hypothèse de Hooke),
ET QU'UNE SECTION PLANE RESTE PLANE APRÈS FLEXION
(Hypothèse de Navier).

DANS QUELLES LIMITES EST-CE VRAI POUR LES VOÛTES, ET A-T-ON LE DROIT DE LES CALCULER COMME ÉLASTIQUES?

§ 1. EXPÉRIENCES DE LABORATOIRE

POUR LES VOÛTES EN PIERRE, IL N'Y A PAS, A PROPREMENT PARLER, DE COEFFICIENT D'ÉLASTICITÉ,

C'EST-A-DIRE QUE, POUR ELLES, L'HYPOTHÈSE DE HOOKE EST FAUSSE.

Pour qu'on puisse supposer les voûtes élastiques, c'est-à-dire pour qu'il soit permis de leur appliquer les formules de déformation, il faut tout d'abord que le coefficient d'élasticité E soit constant pour un même « matériau » sous tout effort inférieur à la limite d'élasticité; puis, pour la pratique du calcul, qu'il soit le même, non seulement pour chaque matériau, mais tout le long de la fibre moyenne, au moins pour chaque tranche, à condition de tenir alors compte de ses variations de tranche à tranche.

Or, toutes ces hypothèses sont fausses.

Pour chaque « matériau » de voûte (moellon, mortier, béton), le coefficient d'élasticité varie avec l'effort. 23

Il varie entre deux pierres de même carrière et de même préparation, entre deux briques de même fournée, entre deux bétons de même composition et même

Toutefois, il est à peu près le même à la traction pour les bonnes marques de ciments lents 25.

23. — M. C. Bach a fait de très nombreux essais. Voici, d'après quelques-uns d'entre eux, la valeur de :

$$\epsilon = \frac{E(Kg./I^{mq})}{10^{9}} = \frac{\beta(travail en kg/o^{m}o_{1}^{2})}{10^{5} \times \frac{\Delta l}{l}}.$$

(On a écrit en italique ce qui concerne les essais à la traction.)

				,			
	Résistance à la rupture	Entre les efforts					
Matériaux essayés.	$\left(\frac{\text{kg}}{\sigma^{\text{moi}}^{2}}\right)$	_i 3	ε	Sources			
	(mesurée sur des cubes)	$(\frac{\text{kg}}{\sqrt{o^m o I}^2})$					
Ciment Portland pur - 83 jours.		$0^{k} - 8^{k}$ 31,8 - 39,8	2,12 1,67				
Mortier de ciment 1.3.	19157	$ \begin{array}{c c} 0 - 8 \\ 32,1 - 40,1 \end{array} $	2,38 1,62	Versuche über die Elastizität und Druckfestigkeit von Körpern aus Zement, Zementmörtel und Beton,			
$\begin{bmatrix} 1 - 2\frac{1}{4} - 5. \\ - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \end{bmatrix}$	137,7	0 - 7,9 31,7 - 39,6	3,32 2,07	von C. Bach. (Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1896, p. 1381.)			
1-5-10.	106,8	0 - 7,9 $31,6 - 39,5$	2,58 1,52				
	1006	$\begin{array}{r} 0 - 13.8 \\ 27.5 - 41.3 \\ 137.7 - 165.2 \end{array}$	1,66 1,23 2,19	Untersuchung von Granit inbezug auf Zug-, Dru Biegungs-, und Schubfestigkeit, sowie in Hinsicht Zug-, Druck-, und Biegungs-Elastizität, von C. Bo			
Granit.	45,4	0 = 4.8 $19.4 = 29.2$	2,3	(Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1897. p. 241.)			
	1597	$ \begin{array}{r} 0 - 14.6 \\ 76.6 - 89 \\ 126.1 - 163.3 \end{array} $	4,67 3,97 4,03	Versuche zur Ermittelung der Zusammendrückung (Elastizititswersuche) und der Druckfestigkeit, von C. Bach. (Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1903, p. 1445.)			
Marbre.	<u> </u>	0 = 24,25 48,29 = 72,23	1.61 2,79	Elastizitüt und Festigkeit. von Dr. Ing. C. Bach (Fünfte vermehrte Auflage). Berlin, J. Springer, 1905.			
)	0 = 3.6 10.8 = 14.4	1,40 0,69	p, 67 et suivantes			
Grès,		$ \begin{array}{c c} 0 - 4.2 \\ 12.3 - 16.3 \end{array} $	0,93 0,21	Zur Frage der Proportionalität zwischen Dehmingen und Spannungen bei Sandstein, von C. Bach.			
1	!	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	0,48	(Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1900, p. 1169.)			

La compression \(\beta \) augmentant, \(\epsilon \) a diminué pour le ciment, le mortier, le béton, le grès, suivant une loi exprimée par la formule $\frac{K}{\beta^n}$. K constante, n autre constante <1.

Pour le granit, a décroît d'abord, puis augmente; pour le marbre, il augmente. La traction β augmentant, a diminue pour le marbre et le grès.

	périences o (Voir plus le	·	es :	$\epsilon = \frac{E (^1)}{2}$	$\frac{\left(\frac{\sqrt{\sigma^{m}} \sigma I^{2}}{10^{5}}\right)}{10^{5}}$
				à la traction	à la compression
			e		1,37 à 2,71 0,45 à 1,62
	Ciment	Sable	Pierre cassée		
Béton	ı	3 2	5 3	0,98 2,80 2,50	0,74 2,64
	(1	1	•	Sandambalmah	

Bericht des Gewölbe-Ausschusses des Oesterr. Ingenieur und Architekten, - Sonderabdruck aus der Zeitschrift der Oesterr. Ingenieur und Architekten Vereines, 1895, p. 41, 42.

25. — Pour la pâte pure, d'age variant de 28 à 106, e augmente de 1,8 à 3. Quand il est 1,8 pour la pâte pure, il atteint 2,1 pour le mortier à 600° et le béton à 1000° (1° - 1°).

Expériences faites par le Service des Phares et Balises sur la résistance et l'élusticité des ciments Portland, M. de Joly, Ingénieur des Ponts et Chaussées. (Annales des Ponts et Chaussées, 1898, 3° trimestre, p. 198 à 242).

374 voûtes inarticulées — relation entre leur forme et les charges

Il n'est pas le même à la compression et à la flexion 26.

La proportion de mortier, la nature et la taille des voussoirs, sont différentes dans les bandeaux, la douelle et le queutage; dans sa section transversale, la voûte est hétérogène: il est impossible de déduire du coefficient d'élasticité de chaque « matériau » d'une voûte, le coefficient d'élasticité moyen de la voûte ²⁷.

On exécute les grandes voûtes par rouleaux, par tronçons, avec clavages matés, sur des cintres qui se déforment : même homogènes comme matériaux, faites, elles ne le seraient plus.

Enfin, on ne peut pas calculer de même une voûte en matériaux bien réguliers, à joints minces, et une voûte en béton, masse homogène sans joints.

Voilà bien des objections à l'application aux voûtes des formules de déformation.

Dans quelle mesure l'ont confirmée ou infirmée les trop rares observations faites sur les voûtes?

26. — M. Mesnager: « Cours de Matériaux de Construction » professé à l'Ecole des l'onts et Chaussées, 4° Partie: « Pierres de Construction », p. 68 et 72. Expériences faites au Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées:

	à la compression	à la flexion	
Calcaires { Marbre blanc	2	7,31 à 8,02 2,98 à 3,52 0.52 à 2.70	

27. - Voici quelques coefficients d'élasticité moyens de maçonneries :

Dans des essais sur des arcs en briques, M. de Perrodil avait trouvé pour $\frac{E(Kg/\overline{0.01}^2)}{\overline{10}^5} = z$: 0.19, 0.3.

Annales des Ponts et Chaussées, août 1882, p. 119. — La Commission des Annales observe que les déformations ont été excessives.

Dans leurs essais, indiqués plus loin (§ II, Art. 2 - D), les Ingénieurs autrichiens ont trouvé :

·	Voûte	de la voûte	
Voûte en moellons ordinaires	0.278	1,37 à 2,71 0,45 à 1,62	

Des déformations observées à l'arche en pierre de taille de Souppes, M. Résal a déduit $\varepsilon=2,5$. « Ponts en Maçonnerie », Tome I, p. 49, Baudry 1887.

Pour les tours de phares, avec ε = 3, M. Ribière a retrouvé, à peu près, les durées des périodes de vibration enregistrées par son oscillographe.

Annales des Ponts et Chaussées, 1^{er} trimestre 1905, p. 24.

La même valeur z=3 correspond encore à la flexion de 4^{mn} d'une pile de 44^m05 de hauteur du viaduc de la Sumène, pendant l'arrêt brusque d'un train subitement serré à bloc.

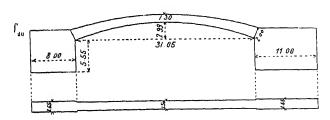
Annales des Ponts et Chaussées, janvier-février 1910, p. 64 : « Note sur la construction du viaduc des Fades, ligne de Saint-Eloy à Pauniat », M. Virard.

M. Boisnier, en comparant deux mouvements à peu près égaux des voûtes du pont de Constantine (Tome II, p. 107), la contraction de l'arc sous une pression de 12^k, sa dilatation pour $\tau = 9^{\circ}$ avec $\alpha = \frac{7}{10^{6}}$ a trouvé : $\varepsilon = 2$.

Annales des Ponts et Chaussées, mai-juin 1912, p. 505.

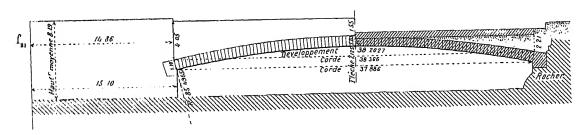
§ 2. — EXPÉRIENCES SUR DES VOÛTES 28

Art. 1. — Arceau d'essai de Vassy (arc de 31^m05 à 1/10,37), en moellons ordinaires dressés en coupe, mortier de ciment (1845-1846) (f_{so}). Epreuves au choc (30 mai 1846) ²⁹.



2762^k tombant de 27^{cm}, puis de 37^{cm}, produisent, des oscillations estimées 2^{cm}, non mesurées.

Art. 2. — Expérience faite dans les carrières de Souppes (Seine-et-Marne) (1865-66). Arc de 37^m886 au 1/18^e, de 3^m50 de largeur (f_n). Dépenses : 33.583 fr. ³⁰



A. - Voûte. — Voûte en pierre de taille avec lits et joints parfaitement plans. Mortier à 600^k de ciment pour 0^{me}800 de sable. Joints de 12^{mm}; ceux des naissances lichés les derniers.

La voûte a été exécutée du 26 octobre au 14 novembre 1864, décintrée le 15 mars 1865.

28, — Je rappelle, pour ordre, les expériences de Boistard de 1796.

Avant de construire le pont de Nemours (fondations 1796-97, voûtes 1803), il éprouva 22 voûtes de divers intrados, ayant toutes une portée de 8 pieds (2 60), une épaisseur uniforme de 4 pouces (0 11), en voussoirs égaux, composés chacun de deux briques polies au grès sur une face, jointes au plâtre sur l'autre; — pas des vousseirs de vertien entre les vousseirs.

de mortier entre les voussoirs.

« Expériences sur la stabilité des voûtes » par L. C. Boistard, Ingénieur en Chef du Corps impérial des Ponts et Chaussées (Recueil de divers Mémoires extraits de la Bibliothèque impériale des Ponts et Chaussées, publié par P. C. Lesage, Ingénieur en (Recueil de divers Mémoires extraits de la Bibliothèque impériale des Ponts et Chaussées, publié par P. C. Lesage, Ingénieur en (Recueil de divers Mémoires extraits de la Bibliothèque impériale des Ponts et Chaussées, publié par P. C. Lesage, Ingénieur en Chef du Corps impérial des Ponts et Chaussées.

Chef de 1° classe, — Paris, Firmin-Didot, 1810, II Partie, p. 171 à 217, Pl. XI à XVI).

Chef de 1º classe, — Paris, Firmin-Didot, 1810, II Partie, p. 171 à 217, Pl. Al à AVI).

Les voûtes éprouvées par Boistard ne ressemblent guère aux voûtes usuelles, à mortier, à épaisseur croissante à partir de la clef.

29. — Notice de Belgrand, alors Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, du 22 octobre 1846, dans le dossier de l'arche d'essai de Souppes (exécutée 20 ans plus tard).

Soules de la Noviente de la Soine (d'essaice) et des Ponts de Paris. — Archives (carton 20. dossier 3).

Service de la Navigation de la Seine (2° section) et des Ponts de Paris, — Archives (carton 30, dossier 3).

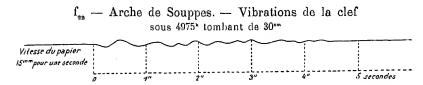
30. — « Notice sur la construction d'une arche d'essai très surbaissée » par M. Féline-Romany, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

yénieur en Chef des Ponts et Chaussees. Annales des Ponts et Chaussées, Tome XII, série 4, juillet et août 1866, p. 10 à 17, Pl. 124.

B. - Essais 31. — Sous une charge uniforme par m. q. de 681k et 656k, la clef s'abaissa de 8^{mm} et 9^{mm} : la charge enlevée, plus d'abaissement.

Au passage d'un chariot de 5510^k, dont 4975^k sur l'essieu d'arrière, la voûte, déjà chargée à 656^k par m. q., fléchit dès l'entrée du chariot, s'abaisse de 0^{mm}3 au passage sur la clef, puis reprend sa position.

4975k tombant de 30cm font une oscillation de 2mm8 à la clef (f.,), 0mm6 au plus aux reins.



Cette voûte homogène, en pierre de taille, s'est comportée comme un arc élastique.

Art. 3. — Observations aux ponts de Lavaur et Antoinette et au pont de Morbegno. — Se sont aussi comportées comme des arcs élastiques :

Sous les trains, les voûtes de Lavaur 32 et Antoinette 33;

Sous un changement de température, celle de Morbegno 31, c'est-à-dire que les formules « de déformation » s'y sont appliquées 35.

- Art. 4. Expériences de l'Association des Ingénieurs et Architectes autrichiens (1890-1891) 36.
- A. Voûtes essayées. Ce sont les premiers essais faits pour vérifier l'application aux voûtes des formules « de déformation ».

Je laisse de côté ceux sur arcs en béton armé et en métal.

On a essayé:

7 voûtes de $1^{m}35$ et 7 de $2^{m}70$, — 3 de $4^{m}05$; 1 de 10^{m} au 1/10 en béton; — 3 de 23^m en arc surbaissé à 1/5 (portée 23^m, flèche 4^m60, largeur 2^m), savoir :

une en moellons ordinaires de grès, de 0m60 à la clef, 1m10 aux retombées (mortier: ciment 1, sable 2,6);

une en briques, même mortier, mêmes épaisseurs;

unc en béton de 0^m70 d'épaisseur uniforme : noyau à 1^v - 3^v - 5^v ; intrados et extrados: 1^v - 2^v - 3^v, 1^v - 1^v - 1^v, là où, sous une surcharge dissymétrique, on prévoyait des efforts de traction.

^{31. — «} Note sur l'arche d'essai des carrières de Souppes » par M. de Lagrené, Ingénieur des Ponts Annales des Ponts et Chaussées, Tome XVI, 4° série, août 1868, p. 130 à 146, Pl. 170, 171.

^{32. —} Tome II, p. 143, 144. 33. - Tome II, p. 149. 34. - Arc semi-articule, Tome IV, p. 65.

^{35. -} Pour 34º d'écart, le mouvement de la clef a été de 33mm.

En calculant la voûte avec les formules de déformation d'un arc élastique, M. Guidi, pour une variation de 34° et le coefficient de dilatation $\alpha=8\times10^{-6}$ a trouvé 37^{mm}.

**Influenza della temperatura sulle costruzioni murarie 1, Camillo Guidi, Turin 1906, p. 9.

^{36. -} Source indiquée au renvoi 24.

Les deux vontes en béton (celle de 10^m, celle de 23^m) étaient posées aux naissances sur plaques d'asphalte : elles étaient donc un peu articulées en deux points. On ne pouvait pas en conclure grand'chose pour les voûtes inarticulées.

- B. Conclusions de M. le Professeur Brick. Voici les conclusions qu'a dégagées des expériences l'un des rapporteurs, M. le Professeur Brick :
- 1. Pendant les premières charges, avant les premières fissures, les déformations des axes des voûtes ont augmenté à peu près proportionnellement à la charge.
- 2. La charge dépassant une certaine valeur « critique », il se produit des fissures, là où la tension dépasse : soit, dans les voûtes apparcillées, l'adhérence du mortier au moellon; soit, dans les voûtes en béton, la résistance à l'extension du béton.
- 3. Dans les voûtes appareillées, les fissures suivent le joint; dans les voûtes en béton, elles sont irrégulières et se ramifient.
- 4. Elles se produisent au 1/4, au 1/3, aux 2/3, aux 3/4 de la portée, et aux retombées; en général, là où le calcul, fait dans l'hypothèse élastique, indique des sections dangereuses.
- 5. Au moment où apparaît la fissure, la fibre moyenne ne change pas brusquement de forme.
- 6. Les fissures ouvertes, la voûte ne résiste plus à la tension; mais elle continue à tenir par sa résistance à la compression, laquelle est beaucoup plus grande. La charge de rupture a dépassé la charge critique de 30 % pour la maçonnerie ordinaire, 59 % pour les voûtes en briques, 31 % pour les voûtes en béton. C'est très heureusement la résistance à l'écrasement qui mesure la résistance de la voûte.
- C. Ce qu'il faut retenir. En résumé, tant qu'il n'y a pas eu tension, et pour les premières surcharges, les voûtes paraissent, en général, s'être comportées comme des arcs élastiques.

C'est à cette modeste conclusion qu'aboutissent, en somme, ces expériences si vantées 37.

Il y avait peut-être plus à apprendre de l'essai de Souppes, plus vieux de 25 ans.

^{37. -} L'Association des Ingénieurs et Architectes autrichiens a institué une deuxième « Commission

des voites » (Gewölbe-Ausschuss). Elle a publié deux rapports:

1° - 4 avril 1900 : « Elusticité et résistance de prismes en pierre de taille, moellons, béton, béton « armé, briques creuses et ordinaires, chargés suivant leur ane et excentriquement ».

Zeitschrift des Esterr. Ingenieur und Architekten Vereines. (Supplément au n° 25 de 1901).

2° - avril 1910 : « Voites de bâtiments en arc, en béton, béton armé, briques, appuyées sur des « poutres en I. » Vienne, — Edition de l'Association.

Art. 5. — Insuffisance des observations faites sur les voûtes. — D'observations continues, — j'entends pendant plusieurs années, — sur une voûte, je n'en sais pas.

Comment, depuis sa pose sur le cintre, s'accroît jusqu'au décintrement, puis jusqu'à l'achèvement de l'ouvrage, le travail d'un voussoir; comment il varie ensuite avec les surcharges, la température, le soleil, l'imbibition; comment, en un mot, à un moment quelconque, travaille chaque point d'une voûte, — tout cela nous ne le savons pas beaucoup mieux que les ingénieurs de Trajan.

Il y a plus de 2000 ans qu'on fait des voûtes, et l'on n'a pas encore un appareil simple, pratique, sûr, à mettre en toutes mains, permettant à toute époque de mesurer le travail, non pour de courtes périodes : décintrement, passage d'un train (ces instruments-là, on les a), 37 lis mais après des années.

Si on avait un « baromètre » enregistrant continuement les pressions en chaque point d'une voûte, on n'imaginerait plus, on saurait.

§ 3. — QUELQUES AUTRES INDICATIONS DE L'ÉLASTICITÉ DES MAÇONNERIES

- Art. 1. Chute des arches du pont de Vernon ³⁸. Le 14 octobre 1870, on fit sauter l'arche de rive gauche du pont de Vernon sur la Seine. Les piles voisines s'inclinèrent l'une après l'autre vers la rive gauche, laissèrent tomber les arches, puis se redressèrent, et reprirent à peu près leur ancienne position, avec si peu d'avaries qu'on appuya sur elles les nouvelles voûtes.
- Art. 2. Oscillations des phares sous les coups de vent. Les tours des phares oscillent sous les coups de vent comme des tiges encastrées à leur pied ³⁹.

37 bis. — Récemment, M. Mesnager, Professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées, a rendu visibles, à l'aide de la double réfraction, les lignes d'égal travail, dans un modèle réduit en verre.

Annales des Ponts et Chaussées, 1913, juillet-août, p. 135.

. 38. — 7 arches en anse de panier de 8"25 de flèche, 26m d'ouverture pour les 5 arches centrales, 28" pour les deux arches de rive; piles de 3"50 d'épaisseur aux naissances fondées sur pilotis. l'ont construit en 1858-1862.

Annales des Ponts et Chaussées, 1874, 2° semestre : « Pont de Vernon » M. Picquenot. 39. — Voici quelques déplacements observés :

Phere	construit en :	Amplitude des déplacements	Hauteur du phare
de la Coubre	Pierre calcaire de moyenne qualité, de petit appareil.	[***5	48°5
des Baleines	Pierre de taille calcaire de bonne qualité, de grand appareil.	1 ^{mm} 5	47"
de Barfleur	Pierre de taille granitique de moyenne qualité, de grand appareil.	O***5	GG ⁱⁿ
du Planier	Maçonnerie brute de moellons calcaires de très bonne qualité, — plus épaisse et beaucoup plus rigide que les précédentes.	Amplitude imperceptible	54"
de l'Ile Vierge (Ancien et nouveau)	Maçonnerie brute en moellons de granit avec parements extérieurs en pierre de taille granitique.	Amplitude imperceptible	28" et 70"
de la Canche	Briques tendres de médiocre résistance, peu épaisses. Tour très légère avec cassure générale de haut en bas.	A nsw	48 ^m
de Calais	Briques tendres. Cassure générale de haut en bas.	2 / 3mm	47**

Annales des Ponts et Chaussées, 1et trimestre 1905, p. 24; a Oscillations des tours de phares », par M. Ribière, Ingénieur en Chef du Service central des Phares et Balises.

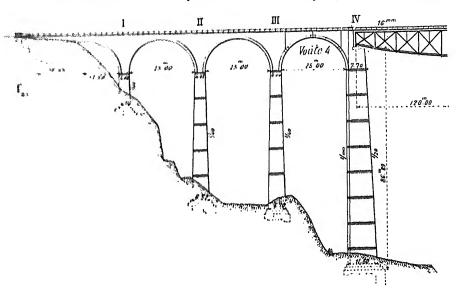
Art. 3. — Évasement du haut des nefs de cathédrales. — Dans nombre de cathédrales (Laon 40, Bourges, Amiens, Reims, Dijon...), on observe qu'au-dessus des chapiteaux, les piliers s'inclinent vers le dehors 4.

On n'a pas voulu ce déversement : il est dû à la poussée des grandes voûtes de la nef.

Après, l'ensemble tient.

Art. 1. — Courbure élastique des piles IV et III du viaduc sur la Sitter (f.,). 4908-4910. (Ligne du lac de Constance au lac de Zurich).

La maissance de la pile-culée IV se déplaça horizontalement, vers la vallée :



de 45^{mm} jusqu'au clavage de la voûte 4; de 95^{mm} du clavage à l'achèvement; en tout de 140^{mm 42}.

Pendant que la pile IV s'écartait de 45^{mm}, l'ouverture de la voûte 4 augmentait de 20^{mm}: la pile III s'est déversée vers la vallée, de :

 $45^{\text{mm}} - 20^{\text{mm}} = 25^{\text{mm}}$.

Sous les tym-

pans, la clef de la voûte 4 baissa de 80^{mm}, sa portée s'accrut de 70^{mm} pour un déversement de 95^{mm} de la pile IV, soit, pour la pile III, un nouveau déversement de 95^{mm} = 70^{mm} = 25^{mm}; en tout 50^{mm} ¹³.

W A Notre-Dame de Laon, « de hors d'aptomb des colonnes varie, depais les extrémités de la « mef queque ver» son milien de 8, 10, 12 et 15 centimètres, mesaré du sol jusqu'aux chapiteaux, et de « 25 centimètres en sens inverse, depais les chapiteaux jusqu'à la naissance des voûtes.

2. centimetres en sens inverse, acquis as caapticata judqu'a acquista acquista.
 Les murs form ut donc exactement le genou....
 Chose remarquable, un déplacement auss considérable des mars s'est opéré sans désantons sensibles
 Chose remarquable, un déplacement auss considérable des mars s'est opéré sans désantons sensibles
 Alsos les constructions. On n'aperçoit, ni dans les grandes coûtes supérieures de la nef, ni dans les roûtes
 Alsos les constructions. On n'aperçoit, ni dans les grandes coûtes supérieures de la nef, ni dans les roûtes

* distributes des guteres, de raptures graves qu'on doive rapporter à ce mouvement. »

Lagorition univerelle de Vienne, 1874 : « Les Monuments historiques de France », — Paris, Imprimerie nationale,

MIRCULNAVI : Rapport de M. Biet, Inspecteur Général des Bâtiments civils, 20 juin 1846.

MINCCLXXVI: Rapport de M. Biet, Inspecteur Général des Batiments civis, as jun 1640.

41. — Aux vindues de la ligne d'Issy à Viroflay, M. Rabut a constaté de même que toutes les piles aux maissances s'écartent d'une voûte chargée.

42 correspondent à s $E_{\rm coefficient} = \frac{kg}{10^9} = 0.5 \text{ (maconneric)}$

10
13. - Der Sitterenadukt der Bodensee-Toggenburgbakn », von den Ingenieuren A. Acatos, J. Lüchinver, F. Ackermann.

chinger, F. Ackermann.
Sonderablisch aus der Schweizerischen Bauzeitung, Band LVI, 1910:
Sonderablisch aus der Schweizerischen Bauzeitung, Band LVI, 1910:
Janze 30, IV: "Beolaschtungen während der Bauausführung und der Belastungsproben », von Ingenieur
A. Acaton, S' Gallen.

380 VOÛTES INARTICULÉES - RELATION ENTRE LEUR FORME ET LES CHARGES

Sous la charge d'épreuve de la travée métallique, la pile IV ne se déplaca que de 2mm; les joints au-dessus des articulations des reins ne s'ouvrirent en haut que de 2mm.

§ 4. — CONCLUSIONS

JUSQU'A CE QU'ON EN AIT UNE MEILLEURE, POUR CALCULER LE TRAVAIL DES VOÛTES,

ACCEPTER, — MALGRÉ SES DÉFAUTS, — L'HYPOTHÈSE ÉLASTIQUE

Les essais, quoi qu'on en ait écrit 44, 45, 46, 47, ne justifient pas l'application aux voûtes des formules de déformation.

Pour les voûtes, on s'est de tout temps beaucoup trop pressé d'édifier des théories 48. On a tout d'abord raisonné au lieu de regarder, — calculé au lieu de mesurer. On a couru de suite à des hypothèses permettant le calcul, - comme si l'on pouvait trouver quelque chose en dehors de l'expérience 49.

Les voûtes faites de matériaux élastiques sont certainement élastiques, mais non comme l'entend la Résistance des Matériaux : leur élasticité n'est pas si

Fortschritte der Ingenieurwissenschaften, zweite Gruppe, 7 Heft : « Gewölbte Brücken », von Karl von Leibbrand, — Leipzig, 1897, p. 41 : « Brücken mit Gelenkeinlagen, I.-Zweck der Gelenke. »

46. — « Les classiques expériences de la Société des Ingénieurs autrichiens » ont établi que les constructions en maçonnerie obéissent aux lois de l'élasticité.

« I progressi della Scienza e dell' Arte del costruire », — Discorso inaugurale del 1º Anno 1906-07 del R. Politecnico di Torino, p. 13, M. C. Guidi, — Turin 1906.

47. — « ...les précieuses (« cerdienstoollen ») expériences de l'Association des Ingénieurs et Archi-« tectes autrichiens ont établi que les voûtes éprouvées se comportèrent en général comme des arcs élus-« tiques et qu'il est, par suite, justifié de calculer comme arcs élustiques des contes de même forme et de

« même construction que les voutes éprouvées... »

« Elastiche Bogentrüger », Dr. Jakob J. Weyrauch, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule in Stuttgart. — Stuttgart, Konrad Wittver, 1911, — Préface de la 2º édition, p. III.

48. — C'est ainsi qu'étaient déjà nées au xviii siècle les théories de La IIIre (1712), de Couplet (1729), de Bossut (1770), de Prony (1783), dont Boistard écrit fort justement : « ...il faut l'avouer, tous ces écrits « reposent sur une hypothèse qui n'est pas confirmée par l'expérience, en sorte qu'ils doivent être relegués « parmi les recherches de pure spéculation, très curieuses à la vérité, mais sans aucune utilité pour la « pratique. > Boistard, loc. cit., renvoi 28.

49. — « L'expérience est la source unique de la vérité : elle seule peut nous apprendre quelque chose 49. — « L'experience est la source unique de la vertite , ette seute peut nous apprendir quesque conse « de nouveau ; elle seule peut nous donner la certitude ». Qui parle aînsi : un médecin? un physicien? un naturaliste? — Non, c'est Henri Poincaré, le plus grand mathématicien de ce temps.

H. Poincaré: « La Science et l'hypothèse », Paris, Flammarion, 1912, 4° Partie, Chapitre IX : Les Hypothèses en physique,

^{44. — « ...}en se basant sur les essais de rupture et d'élasticité faits sur de grandes roûtes par l'Asso-« ciation des Ingénieurs et Architectes autrichiens, il n'est pas douteux qu'on puisse calculer de telles « roites et déterminer les forces intérieures avec une sécurite suffisante en pratique, en les considérant « comme des corps homogènes élastiques... »

^{45. — «} Déjà, depuis quelques dizaines d'années, Winkler, Culmann, Castigliano, et d'autres, araient « entreru que les voûtes en maçonnerie se comportent comme des solides élastiques, ainsi que l'ont abso« lument confirmé les célèbres (« famose ») expériences de la Commission autrichienne des voûtes. »
« Influenza della Temperatura sulle costruzioni murarie », p. 6, M. C. Guidi, — Turin, Décembre 1905, — extrait des « Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino », vol. XLI, Adunanza del 28 Gennaio 1906.

C'est cependant en les supposant telles, que les Ingénieurs autrichiens ont passé de la portée de 41^m du pont de Wäldlitobel ⁵⁰ à celle de 65^m du pont de Jaremeze ⁵¹, ⁵².

Avec cette hypothèse, on a calculé nombre de grandes voûtes, dont quelquesunes minces, et qui ont tenu 53, des viadues à arches de 25m, extrêmement hardis et qui tiennent 54.

Donc, bien que les voûtes ne soient pas des solides homogènes, élastiques au sens de la Résistance des Matériaux;

que le coefficient d'élasticité y varie d'un point à l'autre, c'est-à-dire qu'à proprement parler il n'y en ait pas, et que les déformations n'y soient pas proportionnelles à la pression;

que les mouvements du cintre, les matages, y bouleversent les courbes de pression;

il faut provisoirement continuer à les supposer telles.

On n'a pas, en ce moment, pour le calcul des voûtes, de meilleure hypothèse que l'hypothèse élastique.

50. — Tome II, p. 157. 51. — Tome III, p. 114.

52. — « ... Si fararables que fussent les circonstances pour construire de grandes voûtes dans la « vallée du Prath, il vôt para délicat de sauter d'un seul coup de 41^m à 65^m de portée, si les essais de « rapture de roûtes d'épreuves exécutés en juillet 1889 par l'Association des Ingénieurs et Architectes « autrichiens, n'eussent montré déjà que la théorie de l'élasticité appliquée aux voûtes, conduit à des « résultats concordant parfaitement avec l'expérience. Les grandes voûtes de la ligne Stanislau-Woro-« nienka sont le premier résultat qu'a obtenu l'Association des Ingénieurs et Architectes autrichiens par « les voûtes d'épreuve... »

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten Vereines, Tome XLV, nº 42, 20 octobre 1893 : « Mittheilungen über die « grossen gewölbten Brücken der K. K. Staatsbahn Stanislau-Woronienka », von Ober-Inspektor Ludwig Huss, Vorstand des Bureaus für Unterhau und Brücken der K. K. General-Direktion der Oesterr. Staatsbahnen.

53. - Voûtes >> 40 m calculées avec l'hypothèse élastique :

1	Date	Pout de :	Symbole	Portée	Date	Pont de :	Symbole	Portée
		Jaremezo) (9)	65 ^m	$19\frac{06}{08}$	Walnut Lane	$\widehat{\mathbf{A}}^{1}\widehat{\mathbf{A}}^{1} \operatorname{r}^{\operatorname{te}}(\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{2}$	71"02
	$18\frac{93}{94}$	Jamna	$\widehat{\mathbf{A}}^1$ \mathbf{I}^{r} $(>40^m)$	48 ^m	$19\frac{07}{09}$	Wiesen	$\left \mathbf{E}_{\mathbf{h}}^{1} \mathbf{f}^{r} \left(\geqslant 40^{\mathrm{m}} \right)^{1} \right $	55**
	(Worochta	(11)	40 ^m	19 <u>08</u>	Montanges	$\left \widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \right ^{\mathrm{te}} \left(\geqslant 40^{\mathrm{m}} \right)^{12}$	80"29
	$19\frac{01}{02}$	Solis	\mathbf{C}^1 fr $(\geqslant 40)^{m}$	42 ^m	$19\frac{08}{10}$	Lusserat	$\left \widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \; \mathrm{F^r} \; (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{22}\right $	45 ^m
	1899 1903	Luxembourg	$\left \widehat{\mathbf{A}}^{1}\widehat{\mathbf{A}}^{1}\operatorname{r}^{\mathrm{to}}(\geqslant i0^{\mathrm{m}})^{1}\right $	84*65	$19\frac{08}{10}$	Rocky-River	$\left \widehat{\mathbf{A}}^{1}\widehat{\mathbf{A}}^{1}\operatorname{r}^{\operatorname{te}}(\geqslant 40^{\operatorname{m}})^{3}\right $	1
	$19\frac{01}{05}$	Valence	E ⁿ r ^{te} (≥ 40 ^m) ⁶	49™20	$19\frac{08}{12}$	Sidi-Rached	$\left \widehat{\mathbf{A}}^{1}\widehat{\mathbf{A}}^{1}\operatorname{r}^{\operatorname{te}}(\geqslant40^{\operatorname{m}})^{4}\right $	68™7G
	$19\frac{03}{05}$	Plauen	A rto (> 4()m)10	90 ^m	$19\frac{07}{\overline{09}}$	Lichtensteig	$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \mathrm{Fr} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{24}$	42 ^m 82
	$19\frac{04}{07}$	Amidonniers	EnEnrte(>1()m)1	46 ^m , — 42 ^m , 38 ^m 50		Krummenau	$\left \widehat{\mathbf{A}}^{\text{I}}\right \text{Fr} \left(\geqslant 40^{\text{m}}\right)^{25}$	63:*26
	$19\frac{04}{06}$	Salcano	A: 12r (> 40m)	85 ^m	$19\frac{10}{12}$	Cinuskel	$\mathbf{\hat{A}}^{1}$ fr $(\geqslant 40^{m})^{3}$	46°976
	1906	Guggersbach	$\widehat{\mathbf{A}}^{1} \operatorname{r}^{\text{te}} \left(\geqslant 40^{\text{m}} \right)^{11}$	50 ^m 20	$19\frac{11}{12}$	Tuoi	A ¹ fr (>40m) ⁴	47™706
ı		I	1		•	•		, ,

54. — Ligne du lac de Constance au lac de Zurich: Viaduc sur la Sitter (Arches d'accès de 25^m de portée, poussant contre une pile-culée de 87^m de hauteur, épaisse en haut de 7^m70, 1908-1910); — Viaduc de Weissenbach (63^m de hauteur, 3^m50 seulement d'épaisseur aux naissances, 1908-1910).

Bodensee-Toggenburg-Zurichsee, — Saint-Gall, chez Zollikofer. 1911.

382 voûtes inarticulées — relation entre leur forme et les charges

Tout compte fait, acceptons-la donc, non parce qu'elle est vraic, mais parce que des voûtes minces, ainsi calculées, tiennent.

Mais ne l'acceptons que très provisoirement, « sous bénéfice d'inventuire « expérimental » 55, c'est-à-dire jusqu'à ce que de nouveaux essais établissent d'autres formules qui s'ajustent mieux aux faits.

ANNEXE

VOÛTES INARTICULÉES

ÉPAISSEUR A LA CLEF

COEFFICIENT:

$$\mathbf{\mathcal{C}} = \frac{\mathcal{C}_{v} \text{ (épaisseur à la clef)}}{\left(1 + \sqrt{2 \mathcal{Q} \text{ (portée)}}\right) \mathcal{W} \text{ (fonction du surbaissement 6)}}$$

$$\mu = \begin{cases} Pleins & Cintres & C. & ... & ... & ... \\ Ellipses & (ou Anses de panier) & E. & ... & ... & ... \\ Arcs & A. & ... & ... & \frac{4}{3}(1-6+6^2) \end{cases}$$

VALEUR DE X POUR 562 OUVRAGES

ENVIRON 3300 VOÛTES

(TYPES NON COMPTÉS)

VOIR:	
POUR LES VOUTES > 40" :	Tome I
Area peu surbaissés $\left(\sigma \geqslant \frac{1}{2\sqrt{3}}\right)$ A	Toine II
Area très surbaissès $\left(\frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot \sigma \cdot \frac{1}{7}\right) \widehat{\mathbf{A}}$	Tome III
Ares très surbaissés $\left(\sigma \leqslant \frac{1}{7}\right)$ \maltese	Tome V

On a seulement indiqué les matériaux du queutage et le mortier (Ch = Chaux, Cim = Ciment).

Preur le sens des abréviations MOV, MEV, MAV, PT, L, Br, B, voir Tome III, Avertissement, p. 2, nº 6.

L'ex possant C2, C4 indique le nombre d'arches.

VOÛTES INARTICULÉES

Coefficient $\alpha = \frac{e_o \text{ (épaisseur à la clef)}}{\left[1 + \sqrt{2\alpha \text{ (portée)}}\right] \mu \left(\frac{\text{fonction}}{\text{du surbaissement } 6}\right)}$

		PONTS SOUS ROUTE								·	CHEMIN DE	
α			Â		Â	f D	-		VO A	IE NORM	IALE A	VOIE ÉTROITE
0.09	C	E	A 	A	A	ann		E	A	А	A 	
0.095 0.09					Allemagne, 1905-08, A' - MOV - cim Ziegenhals, 40 ^m ; Michelau, 42 ^m Schwusen, 48 ^m ; Kupferhammer, 48 ^m	;						1
0.10					Gross-Kunzendorf, Allemagne, A ^a , arche centrale 40 ^m , MOV - cim.							
0.105	Viaduc de Chastellux, Yonne, 1876-78, C ¹¹ - 9 ^m 50, MOV - cim.				Passages supérieurs, A¹, B - cim: Limages-Brive, 1874-75, 15 ^m ; Nantes-Chateaubriant, 1875-77, 15 ^m . Neuhammer, Allemagne, Projet: 1905 A¹-52 ^m , MOV - cim. Longuich, Allemagne, 1909-11, A¹ - 43 ^m B - cim.							
0.11		Toulouse, 1542-1632, E' - Arche centrale : 34 ^m .		sur le Kelvin, à Glasce Ecosse, 1834, A ² - 27 ^m . Seythenex, 1908-11, A ² - 41 ^m 19, PT - cim	heim, A'.							
0.115				La Brague, Alhes-Man limes, 1900, A' – 30 ^m .	ri- Huzenbach, Allemagne, 1889, A ¹ - 35 ^m PT. Longuich, Allemagne, 1909-11, A ¹ -Arche centrale: 46 ^m , B - cim.					Chemnitz (Allemagne Chemnitz- (Vechselbur (Int' loc.) 1901-02, A' = 45 ^m .	g,	
0.12					Teinach, Allemagne, 1882, A' - 33 ^m , l'T - cim. Boucicaut, 1888-90, A' - 40 ^m , MAV-cim. Iguerande, 1895, A' - 28 ^m 60, MOV-cim. Avignon, 1905-09, A'' - 40 ^m , MAV-cim.							
0.125		Paris, E ⁵ : Bercy, 1863-64, 29 ^m . Tolbiac, 1879-82, 35 ^m .	1	Chester, Pays de Galle 1833-34, A'-60m96-c Guggersbach, Suisse, 190 A'-50m20, B-cim.		a					Etaples, Amiens- Boulogne, 1875, 14 m.	
0.13		des Echavannes, Chalon- sur-Saone, 1787, E' - 12 ^m 99. Paris, E' - MOV: St-Michel, 1857, 17 ^m 20 - cim. Louis-Philippe, 1860-62, Arche centle, 32 ^m .		Elyria, Etats-Unis, 188 A ¹ – 45 ^m 72, L – cim. Plauen, Save, 1903-c A ¹ – 90 ^m , MOV – cim. Excideuil, Nontron-Sarle 1886-87, A ³ – 16 ^m , MOV – cim.						Zeniebach (Autriche) Stanishen Woronieuka 1893-94, A' – 22 ^m , MOV – cim	,	
0.135		Pont au Change, Paris, 1858-60, E ³ – 31 ^m 60.		*	Concorde, Paris, 1787-91, A ⁵ - arches de rive, 25 ^m 33, l ² l' - ch. Passage sup', Preuilly-Tournon-5t-Martin, 1883-86, A ¹ - 16 ^m 16, MOV.				: V	Lagunes de l'enise (Italie l'enise-Vicena 1841-46, A ²¹⁰ – 10 ^m .	2),	

Coefficient $\alpha = \frac{e_o \text{ (épaisseur à la clef)}}{[1 + \sqrt{2\alpha} \text{ (éportée)}]} \mu \left(\text{du surbaissement } e \right)$

	P	STMC	sous Routi	8		PONTS OU VIADUCS SOUS CHEMIN DE FER							
		0			en deux		VOIE NOI	RMA	LE		VOIE		
)	E	Â	A	A	anneaux	C	E	A	Â	Ā	ÉTROITE		
	Pent de l'Arche, sut la Sertie, 1884-46. E' growte. Poeta du Louir, Poeta du Louir, Poeta du du Louir, du chemin de les du 1872-74. E' 34 m a trai Verdint du Louire, 1864-47. E' 44 m et phonge, Richmard VII, Angleterre, 1-pat es, E' 410 54 ant	A L	des Orfèvres, Florenes, NAC siècle, A' 28m80. Montanges, Am, 1008 1900, A' 80m30, L. ettu.	Concorde, Paris, (787 91, A' 28m26, PT ch, Digoin, sur la Loire, A'' 26m, MAV cim. Lavs, sur le Doubs, (895, A' = 26m, MEV cim. Orléans, 1904-06, A' = 44m85, MAV cim.	Amidomiers, Toudouse, Luxembourg, 1899- 1904-07, E' E' - 46 ^m 1903, A' A' - 84 ^m 65, et 42 ^m , MEV - cim. MAV - cim.		Malagazanne, Marvejols- Neussargues, 1882, 16 ¹ – 12 ^m – ch.			Bellows-Falls, Etats-Unis, 1899, 2 A ¹ - $42^{m}672 - L - cim$.	Viaduc de Lantosque, Vallée de la Vésubie, ligne électrique, C° – 22 ^m , MOV – cim.		
szhow"	Contennetten naar la Hedding, P.S.244, B' - 2.200, Merk' eten	Tagger and but to the Angles of the Angles o	Bellefield, Flats Criss, 1806-02, A' 48 ⁸⁰ /22, R cim	Concorde, Paris, 1787-91, A' Arche centrale, 31 m 18 PT - ch, He Verte, sur l'Isère, Grenable, 1898, A' 19 m 20, 17 m.	nniers, Touk 7, E*E* – 3S cim.		Mouleydier, Bergerac - Le Buisson, 1877-79, E' - 10 ^m 20.		Pont sur la Strona (Halie), Domodossola- Iselle, 1901-04, A³ - 15 ^m , Br - ch.		Ligne électrique de la Bernina, 1909, Viaducs en C de 8 ^m . (Types) Cavagliasco, A ¹ - 26 ^m .		
Chambon, sur la Louis (Haute-Lette), 1504-97, C' - 25n - MOV.	Post dis Château, our l'Allier, 1779. L'anime, 1779. E'anime, 1779. E'anime, 1779. E'anime, 1779. E'anime, 1779. St. Pietre, 1886. E'anime citi. Litricitatione, 1896. L'anime, 1896. L'an		Wheeling, Flats Unis, 1891-92, A' - 48m46, S' Martin Lys, Quillan- kivesalles, 1897, A' - 44m, MAY - cmi.	National, Paris, 1852-53, A' = 14 m50. Invalides, Paris, 1854, A' = arches de rive, 31 m87.		Viadues: des Huttes, Brionde-Alais, C - 9 ^m 24. sur la vallée de Pontone (Italie), (iènes-Asii, 1889-91, C ²⁶ - 12 ^m , Br - ch. de Lascoumères, Lannemezan- Arraau, 1892-93, C ⁶ - 7 ^m .				National, Paris, pont mixte rte et Fr 1852-53, A ⁵ - 34 ^m 50.			
Mentana (*	Librarenter, Angleteres, 1830-27. E' 45072. I'I Netzer Pattie. Paris, 1843-4. E' 1800-20. MCIA' citt. Versom, 512 Laborite. 1872-72. E' 2100-20.		Argentat, our la Dordogne, 1802 o la A' - 12 ^m 04 - 0 mi.	Nemours sur le Loing, 1796-1805, A* 16m24. Invalicles, Paris, 1854, A* arches cen- trales, 31m60, Putney, Angleterre, 1882-83, A* 43m80, PT ~ cim. Charrey, sur la Saone, 1888, A* - 30 m, ch.	Constantine, Algèric, 1908-12, A' A' - 67"57, MA-cim.	sur le Sabato, (Halie) Avellino-S l'enere, 1891-92, C'' - 11", Br - ch. de Baricave, Lannemezan- Arreau, 1893-94 ('2 - 10"'.			Pont sur le Toce (Ilalie), Arona- Domodossola, 1901-1904, A° - 25 ^m , Br - ch.	Roanne, 1858, A' – 28 ¹¹ .	Ramounails, Villefranche- Bourg-Madame, 1906-08, A' - 40 ^m 30, MEV - cim. Viadues en C: de 10 à 20 ^m , Ligne électrique de la Bernina; de 8 ^m : Ligne de l'Albula. (Types).		
	The company of the control of the co	Nyons, 1351-1407, A' - 40m5 (Austerlitz, Paris, 1884, A' 1 arches centrales, 12 ^m 10. Claix, 1874-74, A' - 32 ^m , MOV = cm. Passage supérieur de Laveix, Nontron-Sarlat, 19 ^m 35.	Tilsitt, Lyon, 1804, A' - 22 ^{m84} . Citatlelle, Grenable, 1865, A' - 23 ^m 10.		de Bouchatel, Brioude-Alais, 9m. de Saint-Denis, Cahors-Brive, 1881-87, C' - 8m, du Vair, Neu/chaleau- Barisey, 1888, C'' - 11m. sur le Rio Fraccio, (Italie), Arona- Domodossola, 1901-04, C'' - 10m, Br - ch.	La Flèche, sur le Loir, La Flèche- La Suze, 1875-76, E ^a – 20 ^m . Marmande, Marmande, 1880-83, Viadues d'accès, E ²⁰ – 20 ^m . Val de la Loire, Bourges-Gien, 1887-92, Viadues d'accès, E ²⁰ à 16 ^m , E ¹⁵ à 15 ^m , E ¹⁵ à 13 ^m .		Jablonicabach (Autriche), Stanislau- Woronicnka, 1803-04, A'-25m, MOV-cim. sur le torrent Cairasca, (Italie), Domodossola- Iselle, 1902, A'-32m,Br-ch. sur le Cervo (Italie), Santhia- Arona, 1901-05, A'-18m,Br-ch.	Pont sur la Louette, Etampes-Pithiviers,	Viaduc de Malvan, Alpes-Maritimes, C° - 22 ^m , MOV - cim. Passage infr, Guingamp- Paimpol, 1896, A¹ - 10 ^m 97. Viaducs en C de 25 ^m , Bernina; de 6 ^m et 20 ^m , Albula. (Types).		

VOÛTES INARTICULÉES $Coefficient \alpha = \frac{e_o \text{ (épaisseur à la clef)}}{\left[1 + \sqrt{2\alpha \text{ (portée)}}\right] \mu \left(\frac{\text{fonction}}{\text{du surbaissement 6}}\right)}$

Ī	P	ONTS SOU	S F	ROU	тE		PONTS OU VIADUCS SOUS CHEMIN DE FER							
Y	-1 81						VOIE NORMALE							
	c	E	Â	Â	Â	2 ann×	С	E	Â	Â	A	ÉTROI		
0.100		Moulins, 1756-64, E ¹⁸ - 19 ^m 50. Chatellerault, 1848, E - 20 ^m . Bléré, sur le Cher, 1898-99, E ² - 24 ^m - ch. Empereur- François, Prague, 1899-1901, E ⁴ . Plus grande arche: 42 ^m 34. PT - cim.			Mosca, à Turin, 1834, A¹ – 45m, PT – ch.		Ballochmyle, Ecosse, 1846-48, C¹ - 55 ^m 17. St-Waast, Montauban-Castres, 1884-86, C³ - 20 ^m , Br - ch. Amélie-les-Bains, Elne-Arles-sur-Tech, 1890-92, C³ - 26 ^m . Viaducs de: La Lavadc, Rodez-Millau, 1880, C¹ - 7 ^m , MOV - ch. Maison-Rouge, Marvejols-Neussargues, 1881-83, C¹ - 15 ^m , MEV - ch. Rio Cammarelle, (Italie), Sparanise-Gaeta, 1890-91, C⁴ - 15 ^m , Br - ch. la Selle, C¹e du Nord, C³ - 15 ^m - ch. Vallée d'Avella, (Italie), Avellino-S. Venere 1893-95, C³ - 15 ^m , Br - ch. Lac de Constance-Lac de Zurich, (Suisse), 1907-0′) Weissenbach, C³ - 25 ^m et C⁴ - 15 ^m , MOV - cim Viaducs de 15 ^m , 20 ^m , 22 ^m , 25 ^m (Types).	reau, 191-93, E ² - 26 ^m , MOV - ch. Verdon, St-André-Puget- Théniers, 1900-1902. E ¹ - 20 ^m . Vendes, Vendes-Mauriac, 1900-1902, E ¹ - 16 ^m .	Castelet, 1882-83, A' – 41 ^m 20, MEV – cim.	Arona- Domodossola, (Ilalie), 1901-1904, Br - ch: Pont sur le torrent Selvaspessa, A³ - 25 ^m . Pont sur le lac de Mergozzo, A¹ - 25 ^m . — id. — A² - 25 ^m .	Trilport, Trilport-la-Ferté, 1893, A – 26 "86.	Viaducs e de 15 à 2 Albula (Suiss (Types		
0.17	Vieux pont de Céret, 1321-39, C¹ - 45m45.	Londres, 1824-31, E's - 46 ^m 33. PT. Grenoble, 1839, E's - 27 ^m . Alma, Paris, 1854-55, E's - arche centrale de 43 ^m 38. MOV - cim. Valence, 1901-05, E's - 49 ^m 20. ME - cim.	Vieux pont de Claix, 1608-11, A ¹ - 45 ^m 65.	, Ch. de fer de Chateaulin, 1863	pont, Paris, 1852-53, A1 - 311	, A' A' - 85		1893, E³ - 15 ^m . Arrigas, Tournemire-Le Vigan, 1895, E¹ - 21 ^m 60. Arche elliptique du viadue de l'Eure, Paris-Char- tres, E¹ - 25 ^m 80.	Victoria, (Angleterre), Durham- Junction Ry, 1836-38, A'-48m77. Pont sur la Gelise, 13m. Pont sur le Tâtre, Barbezieux- S'-Mariens, 1904, 28m91. Escot, Oloron- Bedous, 1907-00, A'-56m, MEV-cim.	Rouzeix, Limoges- Brive, 1875, A¹-19™. Pont sur la Dordogne, Laqueuille- Mont-Dore, 1897, A¹-28™, MOV - ch. Canale (Autriche), Assling- Tricste, 1904-06, A¹-40™. L - cim. Lusserat, St-Jean- d'Angély- Saujon, 1908-10, A¹-45™70. MOV - cim.		Morla Carha 1893 2 C - 1 Sur Dource 1893 A - 15 Guinga Paimf 1896 C - 10 Sur 1897 2 C - 1 Sur Launa 1897 C - 10 Albun (Suis Viaducs de 10 30 ", (Type		
	Brent Suisse, 1899-1900, C1 - 44 m, ME - cim.			34 1881-80 A - 23m	7. 43 - 25 mO4	Rocky-	Bourges-Gien, Val de la Loire, 1887-92, rive di C ¹² – 16 ^m , rive g. C ¹⁵ – 16 ^m . Argenteuil-Mantes, Triel, 1888-90, C ⁵ – 5 ^m I C ¹ – 8 ^m . Issoudun-S ¹ -Florent, 1890-93: Bief du moulin e Charost, C ² – 12 ^m ; sur l'Arnon, C ³ – 11 ^m 9 MOV – ch. Mende-La Bastide, 1896, Mirandol, C ¹⁶ – 12 MOV. Rome-Viterbe, (Italie), Vald'Enfer, 1891, C ¹⁵ – 14 Quillan-Rivesaltes, 1897-98: S ¹ -Georges, C ⁹ – 16 Mouillèro, C ³ – 16 ^m ; Lapradelle, C ¹² – 12 ^m . P ¹⁵ d'Axat, C ¹ – 30 ^m , MEV – ch; d'Aliès, id. S ¹ -Girons-Foix, Vernajoul, C ¹³ – 14 ^m , MOV – c Nérac-Mont-de-Marsan, P ¹ sur le S ¹ -Lauren C ¹ – 18 ^m , MEV – ch. Arona-Domodossola, (Italie), Torrent de Tiasi 1901-04, C ³ – 10 ^m , Br – ch. Lac de Zurich-Lac de Constance, (Suisse), Viadu	n, n, n. n. th.						

				.	6n	VOIE NORMALE								
CE		A	Â	A	annx	C	E	Â	Â	Â	VOIE ÉTROITE			
T. Arrive de rive	Arches or		Dean, Ecosse, 1831, A ⁴ - 29 ^m . Passage supr de la Bachellerie, Limoges- Brive, 1875, A ⁴ - 28 ^m , B - clm. Cazeneuve, 28 ^m .			Oloron, 1881-1882, C¹ - 40 ^m , MOV - ch. cim.; Rébuzo, 1898-1900, C¹ - 40 ^m , MEV - cim. Viaducs de: Argenteuil-Mantes, Tricl, 1888-90, C¹ - 9 ^m - ch. Nontron-Sarlat, St-Germain-des-Prés, 1890-92, C³ - 15 ^m - ch. Bourges-Cosne, St-Satur, 1891-93, C² ⁶ - 13 ^m - ch. Mende-La Bastide, Mirandol, 1896, C³ - 6 ^m , MOV. Espationt-Bertholène, 1903-05, MEV - ch: Le Plô, C′ - 17 ^m ; Le Goudal, C′ - 12 ^m 50. Briey-Hussigny, Thil, 1906, C - 6 ^m 90. St-André-Pugel-Théniers, 1905-12: Le Maouna, C³ - 15 ^m , MEV - ch; la Donne, C³ - 17 ^m ; la Beite, C¹ - 34 ^m - ch; l'Etroit, C¹ - 15 ^m , MEV; Guillaumasse, C³ - 15 ^m , MEV - ch. Argenton-La Châtre, La Vauvre, C¹ - 15 ^m . St-Jean d'Angéty-Saujon, La Boutonne, 1906-07, C³ - 9 ^m ; l'Ontcouverte, C¹ - 9 ^m .	Bergerac-Le Buisson, 1876-79, E' - 24 - cim: Trémolat; Alles; Limeuil. Marmande-Casteljaloux, Marmande, 1877-81, E' - 36 ^m , MOV - ch. Mende-Le Monastier, Rieucros, 1879, E' - 21 ^m 90. Civray-Le Blanc, 1881-86: Sulleron, E' - 14 ^m ; sur l'Anglin, E' - 25 ^m . Cahors-Capdenac, 1882-84, St-Martin-Labouval, sur le Lot, E' - 25 ^m - ch; Masseriès, E' - 23 ^m 10 - ch. Montauban-Cahors, 1883; Montauban, E* - 25 ^m , MEV - cim. Tournemire-Le Vigan, Coudoulous, 1895, E' - 14 ^m . Castelsayrasin-Beaumont, Belleperche, sur la Garonne, 1895-1900, E' - 33 ^m , Br - ch. sur la Big-Muddly, Etats-Unis, 1901-03, E' - 42 ^m 67, B - cim.	Antoinette, Montauban-Castres, 1883-84, A1-47"396 aux retombées de l'arc – MEV – cim.	Calcio, Italie, 1877-78. A' - 42 m. Pouch, 1890, A' - 47 m85, MEV - ch. Worochta, Autriche, 1893-94, A' - 40 m, MEV - cim. Diveria, Italie, 1901-02, A' - 40 m, Br - ch. Boïlefos, Norvège,1908, A' - 40 m, PT - cin. Lichtensteig, Suisse, 1910-1912, A' - 42 m82, MEV - cim. Passage inf. Eitampes- Pithiviers, A' - 10 m63.	Pont sur la Corrèze, Limoges-Brive, 1875, A³ – 16m.				
AND THE PROPERTY OF THE PROPER	The state of the profile of the state of the		Passage supt d'Eyrissou, Nantron- Sarlat, 1894, A' - 19 ^m 46.			Viaducs de: Nantes - Brest, 1860-1867, Auray, C¹º - 15m; Guily-Glas, dit aussi de l'ort-Launay, C¹² - 22m - MOV. Avvant au Lot, 1866-67, 8m: Veyrière, C³; Saguissoule, C¹ Alais-Le l'ouzin: sur l'Ardèche, C¹¹ - 16m40. Rodez-Millau, 1873-77, MOV: Vezouillac, C² - 16m - cim; Les Terrals, C¹⁴ - 12m. Mavvejols-Neussurgues, Senouard, 1879-82, C° - 18m - MEV-ch. Queroy-Nontron, Le Bandiat, 1882-83, C° - 10m - ch. Aurillac-S¹-I'enis, 1883-84: 12m: la Cère, C² - ch; l'Auze, C². Montauban-Brive, 1882-86, ch.: Lamouroux, C° - 10m; l'anche-Torte, C¹² - 10m; Lignyroux, C² - 9m90. Argenteuil-Mantes, 1888-90, ch, C²: Meulan, 18m70; Bas Vals, 20m. Bourges-Cosne, 1890-93, 10m: Thauvenay, C²; Ménétréol, C¹² - ch. Avellino-S. Venere, Italie, P¹ biais sur le Calore, 1889-93, C² - 12m - Br - ch. Gènes-Asté, Italie, 1891-92, 12m - Br - ch: P¹ biais sur la Stura, C⁵; l'a sur la Bormida, C¹². Carmaux-Rodez, 1892-95, C² - 10m: Ledas, ch; la Mouline, Mil·V. Nantes-Châteaulin, Daoulas, C¹² - 18m. Nontron-Sarlat, 1893-95: Moulin-Neuf, C° - 10m - ch; Muratel, C° - 8m. Civray-Le Blanc, 1881-86: 8m: Les Bourbes, C³; chez Dinette, C². Argenton-La Châte, 1896-99, Fromental, C² - 10m - ch. Etampes-Pithiviers, 1902-03, Passage inf. sur ch. v²¹ Argenton-La Châte, 1896-99, Fromental, C² - 10m - ch. Etampes-Pithiviers, 1903, Colombier, C² - 10m (2 voûtes d'accès) MOV - ch. Guéret-La Châte, 1903-105, 10m-ch: la Petite Creuse, C¹² - 10m; la Creuse, C¹a - 10m; Glâne, C¹² - MOV. Bort-Neussargues, 1903, Salsignac, C¹⁴ - 10m, MOV - ch. Anduze-S¹-Jean-du-Gard, 1905-19, 9m, MOV - ch. Espalion-Bertholène, 1904, Labaume, C° - 14m MEV - ch. MeV - ch. Moves-St-Claude, 1909-11, Valfin, C³ - 10m, MOV - ch. Espalion-Bertholène, 1904, Labaume, C° - 14m MEV - ch. Moves-St-Claude, 1909-11, Valfin, C³ - 10m, MOV - ch. Langogne-Le Puy, 1905-1907, la Bargeasse, C² - 10m, MOV - ch. Langogne-Le Puy, 1905-1907, la Bargeasse, C² - 10m, MOV - ch. Le Gros-Vallon, C³ - 14m; Fontbouisse, C⁵ - 14m, MEV - ch.	Nantes, Nantes-La Rochesur-Yon, 1863-65, E' - E' - 30m. St-Pierre de Gaubert, sur la Garonne, Agen-Tarbes, 1868, E' - 21m65, ch. Mauzac, sur la Dordogne, Bergerac - Le Buisson, 1877, E' - 30m, cim. Verdon, 1905-06, E' - 40m, MEV - cim.		Freyssinet, 1890-91, At - 45m, MEV - cim. Svenkerud, Norvège, 1905-07, At - 44m, 1 T - cim. Pont sur le Vallat de Boissoson, Anduze-St-Jean-du-Gard, 1905-09, At - 25m, MOV - ch. Krummenau, Suisse, 1910-1912, At -63m26, L - cim.	Don, Naı	Passage infr de la Rto Nic No 1: Morlaix- Carhaix, 189, A' - 19m7o. Viaduc sur le Ster Laër, Carhaix- Rosporden, 1897, A - 8m Viaduc Sur l'Aulne, Carhaix- Châteaulin, 1909, C' - 20m5o. Florac-Sto-Ce cile-d'Andorg Viaducs de 12' sur le ruisses de Servières C' sur le Transgardon C's sur le Timbasses, C sur la Mimente, C's Pont sur la Gravona, 188 A' - 43m53.			

VOÛTES INARTICULÉES

Coefficient $\alpha = \frac{e_o \text{ (épaisseur à la clef)}}{\left[1 + \sqrt{2\alpha \text{ (portée)}}\right] \mu \left(\text{du surbaissement 6}\right)}$

\sim		PONTS SOUS ROUTE					PONTS OU VIADUO VOIE NORM	i				
	С	E	A	Â	Â	en 2 ann×		E	Â	Â	Â	VOIE ÉTROITE
0.185		Carbonne, sur la Garonne, 1764-80, F.3 – 31 m.20. Sault du Rhône, 1827, 34 m. Lanne, sur l'Adour, 1876, F.7 – 24 m, MOV – cim. St. Iean, sur l'Adour, à Saubusse, 1880-82, E.7 – 24 m, MOV – ch.			l'Archevêché, Paris, 1828, A ³ – Arches de rive, 15 ^m .		Viaducs de: Tours-Bordeaux, 1846-48, la Manse, C ¹⁵ – 15 ^m . S¹-Denis-Creil, 1856-58, Comelle, C ¹⁵ – 19 ^m . Arvant au Lot, 1866-67, Neyrevèze, C³ – 15 ^m . Limoges-Brive, 1872-75, ch, 20 ^m : Vignols, C¹¹; La Sagne, C¹; Le Sarget, C⁵. Limoges-Brive, par Uzerche, 1885-90: Limoges, C²³ – 15 ^m . Bourg-La Cluse, 1872-75, Cize-Bolozon, sur l'Ain, C¹¹ – 20 ^m . La Flèche-Sablé, 1875-77, la Sarthe, C¹¹ – 20 ^m . Rodez-Millau, 1873-77, Aguessac, C¹¹ – 11 ^m 4, MOV. Eymoutiers-Meymac, Les Farges, C¹¹ – 15 ^m – ch. S¹-Denis-Souillac, 1880-84, ch: les Courtils, C³ – 15 ^m ; Bramefond, C¹¹ – 17 ^m . Port-de-Piles-Preuilly, 1882-83, Nambon, C³ – 20 ^m . Poitiers-Le Blanc, 1881-85, Le Blanc, C²¹ – 20 ^m , ch. Montauban-Brive, 1883-88, Lamothe, C¹⁵ – 15 ^m , ch. Vendes-Mauriac, 1888, Labiou, C¹⁰ – 9 ^m . Argenteuil-Mantes, 1888-90, Maurecourt, C³ – 11 ^m . Issoudun-S¹-Florent, 1889-93, S¹-Florent, C¹¹ – 30 ^m , MOV – ch. Tournemire-Le Vigan, 1889-96, MEV: Rieusset, C⁴ – 13 ^m ; Aumessas, C¹¹ – 15 ^m . Bourges-Cosne, 1891-92, Les Moultonneaux, C³ – 8 ^m 50. Carmaux-Rodez, 1894-95, Auterne, C¹ – 15 ^m ; Moulines, arche centrale: 17 ^m , MEV – ch. Nontron-Sarlat, 1894-95, L'Enéa, C' – 20 ^m , ch. Argenton-La Châtre, 1897-1901, L'Auzon, C¹⁰ – 20 ^m . Espalion-Bertholène, 1903-1904, MEV – ch, 11 ^m : les Conquettes, C¹²; la Loubière, C¹. Briey-Villeruph, 1905, Brabant, C¹⁰ – 15 ^m . S¹-Jean-d'Angély-Saujon, 1905-1909, La Thonne, C² – 11 ^m . Miramas-L'Estaque, 1911-12, La Corbière, C⁶ – 6 ^m 50, MOV – ch. Paris-Chartres, L'Eure, C¹ – 20 ^m , C ^s – 9 ^m 50, MOV – cim.	Orléans, Orléans, Vicrzon, 1843-1846, E ¹⁵ – 24 ^m 20. Port-de-Piles Tours- Poitiers, 1846, E ³ – 31 ^m . Barbentane, sur la Durance, 1847-49, E ²¹ – 20 ^m . Port-Ste- Marie, Condom-Port- Ste-Marie, E ³ – 32 ^m .	Autriche, 1904-06, A' - 41 ^m , MOV - cim.	Pt biais sur le torrent de Caramagna, Gênes-Asti, (Italie), 1890-91, At 18 ^m 10. Condat, Nontron-Sarlat, 1893-95, MOV - ch.		Viaducs: sur l'Isole, Carhaix-Rospor, 1893, A - 21 mg sur l'Hyères, Morlaix-Carha 1893, A - 22 mg A. Guingamp- Paimpol, 1890, du Trieux, E²-24 m. Passage intérie A¹-12 m12. Solis (Suisse) Albula, 1901-0 C¹-42, MOV-cim. sur l'Oust, Loudéac-Carhai 1904, A - 10 m Florac-Ste-Céci d'Andorge, sur le Transgard C - 20 m; sur le Transgard C - 20 m; sur le Triège (Suisse) Martigny, A¹-35 m40.
0.19	St. Romain, sur la Vienne, 1857, C ⁵ - 18 ^m . Route de Saint Romain à Dangé.	Waterloo, Londres, 1817, E ⁰ - 36 ^m 60.	T. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.	Sammur 1774-82.	. 20	-Unis, 1906-08, $A^1 A^1 - 70^m 71$, B et grosses pierres -	Viaducs de: Nantes-Chateaulin, 1860-62, Hennebont, C ⁶ - 10 ^m , C ⁵ - 22 ^m , ch. Arvant au Lot, 1866-67; Elbarat, C ⁹ - 10 ^m ; Antérieux,	Poitiers- Le Blanc, 1881-84, 24 ^m : Chauvigny, E ⁵ , St-Savin, E ³ . Hocmard, Nantes-Chateaubriant, 1886, E ³ - 30 ^m - cim. Mantes, Argenteuil- Mantes, 1888-89, E ¹ - 32 ^m et 34 ^m , ch. Mareuil, Cahors-Brive, 1891, E ⁷ - 23 ^m .	Gien-Argent, 1887-92, Passages inférieurs: A¹-27m08 et 25m12. Villefranche de Conflent, sur la Tet, Prades-Olette, 1889-91, A¹-39m35.	Le Brézou, Limoges- Brive, 1887, A¹ - 29 ^m 20, MOV - cim. sur la Chalouette, Etampes- Pithiviers, A¹ - 23 ^m 25. Strandeelven, Norvège, 1902-04, A¹ - 41 ^m , cim. Krenngraben, Autriche, 1904-05, A¹ - 40 ^m . MOV - cim. Salcano, Autriche, 1904-06, A¹ - 85 ^m . PT - cim. Langenbrand, Bade, 1907-09, A¹ - 59 ^m . PT - cim. Grande- Roche, Morez- S¹-Claude, 1909-11, A² - 10 ^m . MOV - ch. La Croix, Frasne- Vallorbe, 1912, E²-20 ^m ,	or or or or or or or or or or or or or o	sur le canal Nantes à Bres Carhaix-Rosporde 1892, A — 19 ⁿ Guingamp- Paimpol, 1896, 7 P. 532 ^k 421, C. P. 532 ^k 550, C Florac-Ste-Cécil d'Andorge, 25 ^m Pont sur le Dourdon, C ² . Pont sur l'Andorg C'. St-Méen-Loudéa 1904, 10 ^m Viadues: sur le Daoulas, (sur le Poulanc C'. Bevers-Schuls (Suisse), 1910-1 A ¹ , MAV — cim Cinuskel, 46 ^m 9; Tuoi, 47 ^m 70.

ch - cim.

T. III. - 51

 $[1 + \sqrt{2a} \, (portée)] \mu \begin{pmatrix} fonction \\ du surbaissement 6 \end{pmatrix}$ PONTS SOUS ROUTE PONTS OU VIADUCS SOUS CHEMIN DE FER VOIE NORMALE en 2 VOIE Â Â C Â E ÉTROITE Â C Â Â E Br ~ ch. Vieille-Neuilly, cim. Brioude, Viaducs de : 1768-74, E⁸-39^m, PT. Bouchemaine. Blossac. Viaducs: Montlucon-Limoges, 1862-64, 10^m: Crevant, C¹⁰; Villatte, C¹⁰; Lavaud-Franche, C⁹. 1824-31, C1 -- 45 m. Tours-Nantes, à Poitiers, A³-14^m. ur le Trieux , 1354, $A^3 - 48^m 73$. Frouard, sur Guingamp-Paimpol, Tournemire-Le Vigan, 1886-92 : Ste-Eulalie, C⁸ – 15^m MEV; Lapanouse, C'' – 15^m, MEV; le Bassin, C⁷ – 17^m 1846, E⁵ - 24^m. St-Sauveur, la Moselle, 1788, 19^m50. Pt de la Cèze -52m, 1860-61, C¹-42^m, MOV-cim. 16^m20. 1896, C' - 12^m80. Abbaretz, Nantes-Chaleaubriant, A¹ - 22^m, B - cim. Plessis-lez-(°c, 1846-48, E¹¹ -- 25^m. Limoges-Brive, 1887-91, St-Germain-les-Belles, Ct - 17^m Schwände Tours, Tours. holzdobel, Vendôme, Avenue du Bade,Largnac-Vendes, 1888, Bassignac, C¹⁰ - 11^m. Mantes, 1855-56, E¹⁵ - 24^m, 1904-05, 1899-1900, A¹ - 57^m, PT - cim. Connecticut, 1873-75, 10³ - 40^m, 36^m50. Argenteuil-Mantes, 1888-90, La Montciant, C³ - 11^m50, ch. Washington, 1899-1908, Ca - 45 m72, sur l'Anglin, Italie, 1 Italie, 1 $B - 45^{m}72$, B - cim. Guérel-La Châtre, 1902-04, Vauvre, C3 - 8m, ch. à Ingrandes, Autriche, Steyrling, Came, sur la Bidouze, 35^m. Poitiers-Autriche, St-Jean-d'Angély-Saujon, 1906-07, Chaumet, C³ — 13^m. Le Blanc, 1885-87, E³ - 24^m. 1904-05, A¹ - 70^m, PT - cim. Vérone, de Lucques, Schalchgraben, cim. Eymoutiers-Meymac, Légaud, C5 - 12m, ch. Dinan, Poissy. Jamna, Autriche, Montlouis. Carhair-1848-71-74, E¹⁶ - 14^m92. sur la Rance, Montauban-Brive, 1881-83, Malminot, C15 - 9m. de rive: 26m Blois-Tours, Rosporden, Mauriac, à la ligne d'Aurillac à St-Denis, 1882, Les Agats 1843-46, E¹²-24^m75. MOV -- 5, MOV --1893-94, $A^{1} - 48^{m}$, MAV – cim. 1893-97, ch sur le 1846-52, C10 - 16m Aurillac-St-Denis, 1884-85, L'Authre, C's - 16m. Kerminot, . 49m, M C - 12m; Limoges-Brive, 1887-91, Vigen, C10-16m, MOV - ch. sur le Troujoly, Rouen, 1810-35, A6 - Arches Gênes-Asti, (Italie), 1890-93, 18^m50, Br - ch.: sur les Torrents Chiaravagna, C¹⁰; Cantalupo, C⁸; de Varenna, C⁹; Acquasanta, C¹¹. Cinq-Mars, 29m26. Tours-Nantes, 1 $C - 4^m$; sur le 1846, E¹⁹ - 20^m. A. Tournemire-Le Vigan, 1890-95, 18^m, ch : Cailaret, C⁰ - MEV; Valcrose, C⁷ - MOV. Stergoff, 1772, Palmgraben, Autriche, 1904-05, Leymarie, Nontron-Sarlat, 1893, $C - 4^{m};$ $C = 28^{k}250,$ $C = 12^{m}.$ Carmaux-Rodez, 1894-97, la Gascarie, C12 – 20^m, Pontoise, MEV - ch. Lozanne-Givors, 1903, 12^m, MOV - ch.: Crévy, C³; la Chi-cotière, C⁷; les Planches, C⁷; les Armières, C⁸; l'Iseron, C¹³. Lons-le-Saulnier-Saint-Claude, 1899. Anduze-S¹-Jean du Gard, 1905-09, MOV - ch.: Mialet, C¹º - 12^m; la Plaine, sur le Gardon, C¹ - 12^m; Vallat d'Amous, C⁶ - 11^m. Revigny, C⁵ - 12^m. Carhaix-Corneille, Morez-S'-Claude, 1909-11, le Saillard, C' : arches d'accès 12^m, MOV - ch. Chateaulin, 1907, C¹ – 12^m. Miramas-l'Estaque, 1912-14 : Les Eaux-Salées, C¹ – 50^m Paris-Mulhouse, 1855-56, Nogent-sur-Marne: Arches Gutach, Compiègne, sur la Cère, Carhaixd'accès, C30, 15 m. Rosporden, 1897. sur le 1733, E³ - 23^m40. 1884-85, Aurillac-S^t-Ste-Maxence, 1774-85, $A^3 - 23^m40$ Pesmes, sur l'Oignon, 1772, $A^1 - 13^m64$ 1899-1900, A¹ - 64^m, PT - cim. Rennes-Brest, 1863-65 : Morlaix, $C^{14} - 15^m50$; le Guédic $C^7 - 15^m$; le Gouët, $C^{12} - 15^m$. -43m6o, Denis, 35m. Poissy, Goaranvec, 1848-71-74, E¹⁰ - 17^m32 Arvant au Lot, 1866-67, 15^m : Lège, C³; le Passadou, C³ Céret, 1883-85, A¹ - 45^m, L -Cahors-Brive, 1882-88, 15^m, ch : le Boulet, C²⁶, MEV; Souillac, C³⁰, MOV. St-Étienne, Awriche, 1842-46, A' -Carhaix-Gour-Noir. Limoges-Brive, 1888-89, A¹ - 60^m, MEV - cim. Rome-Viterbe, (Italie), 1892-93, Vallée de Ronciglione, Chateaulin. 1909. sur l'Aulne, C" – 6^m. Lozanne-Givors, 1903 : Civrieux, C3 - 15^m. Langogne-Le Puy, 1905-07, Arquejols, C¹¹ - 15^m, MOV - ch. MOV - ch.

Anduze-S'-Jean du Gard, 1905-09, 15^m, MOV - ch.:

1.e Mas du Pont, C³; la Salindrique, C⁴.

Miramas-L'Estaque, 1911-13, 15^m, MOV - ch.: Le Jonquier

(4 vtes d'accès); l'Etable (2 vtes d'accès); Le Grand
Vallat, C³; Mauvallon, C°; Les Loubatons, C¹; Les

Riaux, C³; Mejean, C³; L'Aigle, C⁴. 26m49. Fium'Alto, Arvant au Lot, 1866-67, La Gouyère, C³ - 10^m. Signac, Albi, Limoges-Brive, 1873-75 : Pompadour, C⁸ - 25^m, ch; P¹ de la Corrèze, C³ - 14^m. sur le Tarn, C⁵ - 27^m60. 1862-63, E¹ - 40^m. MOV - ch. 20m85 et 1871-72. Anduze-S^t-Jean du Gard, 1905-09, MOV - ch.: S^t-Michel, C^t - 18^m; Vallat d'Amous, C^t - 18^m. PT, MOV Annibal, Nérac-Mont-de-Marsan, Pt sur le Luddon, Ct - 22m. cim, ch. Italie, 1868-70, E'-55^m, Br et MOV ch - cim. Diable, Italie, Bordeaux, 1871-72, E' - 55^m, Br. et MOV

VOÛTES INARTICULÉES

Coefficient $\alpha = \frac{e_o \text{ (épaisseur à la clef)}}{\left[1 + \sqrt{2\alpha \text{ (portée)}}\right] \mu \left(\frac{\text{fonction}}{\text{du surbaissement6}}\right)}$

A	PONTS SOUS ROUTE				PONTS OU VIADUCS SOUS CHEMIN DE FER VOIE NORMALE							
Q	С	E	Â	Â	Â	en 2 ann×	The second secon	E	Â	Â	A	VOLE ÉTROI'
0.215							Viaducs de: Marvejols-Neussargues, 1879-83, Crucize, C"-25 MEV - ch. Quéroy-Nontron, 1882-83, Le Bandiat, C ³ . Arcle centrale: 20 ^m 50. Vendes-Mauriac, 1888; Méallet, C ¹ - 15 ^m . Lozanne-Givors, 1903, Le Colombier, Arche centrale, 30 ^m , MOV - ch. Briey-Villerupt, 1906, Le Thil, C ³ - 25 ^m , MOV. Morez-S ¹ -Claude, 1909-11, Le Pain de Sucregrande arche, 15 ^m , MOV - ch.	de Dandé, Anduze-St- Jean-du- Gard, 1905-01), El = 22 ^m .		Chambeuil, 1866, 23 ^m 22. Jarencze, Autriche, 1893-94, A ¹ - 65 ^m , PT - cim.		
0.22		Saumur, 1756-64, E ¹² — 19 ^m 50. Tours, 1765-77, E ¹⁶ — 24 ^m 36.					Arvant au Lot, 3 C ¹ de 20 ^m aux P ¹⁸ 65 k3, 65 k4,31 65 k5. Lozanne-Givors, 1903, Arche centrale, 20 ^m ; le Armières, l'Iseron, MOV - ch. Morez-S ¹ -Claude, 1909-11: Morez, C ⁰ - 20 ¹ MEV - ch. Miramas-L'Estaque, 1911-12, 20 ^m , MOV - ch. Les Aragnols, C ³ ; la Corbière, C'.	38 n	Berdoulet, Ariège, 1860-01, A ¹ - 40 ^m , MOV - eim. Wildlitobel, Autriche, 1883-84, A ¹ - 41 ^m , MOV - eh. eim.			
0.225	Ornaisons, 1745-52, C ¹ – 42 ^m 90.						Paris-Mulhouse, 1855-56, Nogent-sur-Marne, Grandes arches : C ¹ - 50 ^m , MOV - cim.	Longueville- lez-Metz, 1854, 18 - 20 m60.		Maretta, Prarolo, <i>Italie</i> , 1851-52, A ¹ 40 ^m , Br. Lège, 1867, 10 ^m .		
0.23			Nydeck, Suisse, 1840-44, A ¹ - 45 ^m 90, MEV - ch, cim.				La Clayette-Lamure, Le Sornin, 1898-1900, C ¹ - 35 ^m , MOV - ch.				ARTY N	* * * *
0.235							La Clayette-Lamure, 1892-95, Mussy, C ¹⁸ - 25 ^m , MOV - ch. Mores-St-Claude, 1909-11 Saillard, Arche centrale 25 ^m , MOV - ch. Miramas-L'Estaque, 1911-12, L'Etable, Arche centrale: 25 ^m , MOV - ch.	1				
0.24							Bussière-Galant-S'-Yrieix, 1902, l'ont sur l'Isle C' – 20 ^m , MOV ch. Miramas-L'Estaque, 1911-12, Le Jonquier, Arche centrale: 30 ^m , MOV ch. Moûtiers-Bourg-S'-Maurice, 1912, Les l'laines Arche centrale: 30 ^m , MOV ch.					
0.245			Tournon, 1351-1583, A' - 49 ^m 20. Crespano, <i>Italie</i> , 1832-36, A' - 40 ^m , Br.						:			
0.25		<u> </u>	A 40 ", Br.	<u> </u>			And the state of t	÷ †	i	! !	 	
0.255						_ <u> </u>				!	1	
0 96	Collonges, 1869-73, C ¹ -40 ^m , PT, MOV – ch.							•				
0.265		Gignac, 1776-1810, E ¹ - 48 ^m 73,	!								İ	
0.27		PT.				-		1 1	1	1	-	
0.275						-	The state of the s		:	!	1	***
0.28						i				***************************************	1	
0.285		Vizille, 1751-66, E' - 41 ^m 08, PT - ch.				j			1	are an area and a second and a		-
0.35		Lavaur (Vieux Pt), 1773-91, E' - 48 ^m 72,				_ <u> </u> 			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			same a 1 F



PONTS DÉCRITS DANS LE TOME III

INDEX ALPHABÉTIQUE

**************************************	Rivière		Symbole	Pag	es
PONT	ou voie traversée	Pays	dans les séries ≥ 40 ^m	Tableau synoptique	Mono- graphia
d'Avignon	Rhòno	France	Ān r ^{te} (≥ 40 ^m)8	234	270
des Bains de Lucques	Pogana	Italie	$\widehat{\mathbf{A}}^1 \mathrm{r}^{\mathrm{te}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^4$	10	32
de Bellefield, à Pittsburg	St-Pierre	États-Unis	$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ $r^{\scriptscriptstyle ext{te}} (\gg 40^{ m m})^9$	14	49
de Bellows Falls	Connecticut	Ėtats-Unis	$\mathbf{\bar{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \ \mathrm{F^r} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{\scriptscriptstyle 1}$	222	225
de Boberullersdorf	Bober	Allemagne, – Silésie	»	286	298
da Boïlefos	Nidelven	Norvège	$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \ F^{\scriptscriptstyle r} \ (\geqslant 40^{\rm m})^{23}$	88	159
Boucioaut	Saône	France	An 1 te (> 40m)2	230	243
de Calcio	Cabin-John Greek Oglio Isonzo Fulda Chemnitz	Etats-Unis Italie Autriche Prusse Saxe	$\widehat{\mathbf{A}}^{1} \text{ aq } (\geqslant 40^{\text{m}})^{1}$ $\widehat{\mathbf{A}}^{1} \text{ I'}^{r} (\geqslant 40^{\text{m}})^{5}$ $\widehat{\mathbf{A}}^{n} \text{ F}^{r} (\geqslant 40^{\text{m}})^{1}$ `` $\widehat{\mathbf{A}}^{1} \text{ F}^{r} (\geqslant 40^{\text{m}})^{14}$	72 80 182 286 84	75 100 185 302 129
de Grosvenor, à Chesterde Claix	Doo Drac	Anyleterre France	$ \begin{array}{c c} \mathbf{\tilde{A}}^1 & \mathbf{r}^{\text{te}} & (\geqslant 40^{\text{m}})^3 \\ \mathbf{\tilde{A}}^1 & \mathbf{r}^{\text{te}} & (\geqslant 40^{\text{m}})^5 \end{array} $	10 12	29 36
sur la Delaware, à Portland du Diable, à Martorell	Llobregat	États-Unis Espagne	» »	284	289 313
sur la Diveria	Diveria	Italie	Ā ¹ Fr (≥40m)15	84	130

	Rivière		Symbole	Pag	ges
PONT	ou voie traversée	Pays	dans les séries ≥ 40 ^m	Tableau synoptique	Mono- graphie
		*			
d'Elsen	Alme	Prusse	»	286	300
d'Elyria	Black River	Etats-Unis	$\mathbf{\tilde{A}}^1 \mathbf{r^{te}} (\geqslant 40^{m})^7$	12	46
				,	
de Marbre, à Florence	${f Arno}$	Italie			319
Frédéric-Auguste,	ATHO	110000	»)	919
à Plauen.	Une place	Saxe	$\mathbf{\hat{A}}^{\scriptscriptstyle \mathrm{I}} \; \mathrm{r}^{te} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{10}$	14	52
de Freyssinet	Vézère	France	$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \mathrm{F^r} (\gg 40^{\mathrm{m}})^8$	82	112
			×		Ì
			Ĉ.		
du Gour-Noir	Vézère	France	$\mathbf{\bar{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \; \mathrm{Fr} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^6$	80	103
de Gross-Kunzendorf	Freiwaldauer Biele	Allemagne – Silésie	$\hat{m{A}}^{ ext{n}}$ rte $(\gg 40^{ ext{m}})^{ ext{O}}$	232	267
de Grosvenor, à Chester,		, j	*		
(cité plus haut,	Dag	A n n/lodonno	$\widehat{\mathbf{A}}^1$ r ^{to} $(\geqslant 40^m)^3$		90
de Guggersbach	Dec Singine	Angleterre Suisse	¹ r ^{te} (≥ 40m)11	10 14	20 59
sur la Gutach	Gutach	Gd Dché de Bade	¹ Fr (≥ 40m)12	84	122
		`			
de Huzenbach	Murg	Wurtemberg	A1 rto (> 40m)3	192	206
d'Isola del Cantone,					
(Pont en amont	·				Ì
et Pont en aval).	Scrivia	Italie	$\mathbf{\widehat{A}}^1 \ \mathrm{Fr} \ (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{3\mathrm{el}4}$	80	98
de Jamna	Pruth	Autriche	$\widehat{\mathbf{A}}^{1} \operatorname{Fr} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{10}$.00	
de Jaremeze	Pruth	Autriche	$\mathbf{\widehat{A}}^{1} \text{ Fr} (\geqslant 40^{\text{m}})^{10}$	82	118
de Justinien	Sangaris	Asie-Mineure	» (40 m) o		318
	Garage	:	"	"	010

PONT	Rivière		Symbole	Pag	ges
K N P 4 N K	ou voic traversée	Pays	dans les séries ≥ 40 ^m	Tableau synoptique	Mono- graphic
de Krappitz	Hotzenplotz	Allemagne, – Silėsie	Ā ⁿ r ^{te} (≥ 40 ^m) ⁵	232	265
ur le Krenngraben	Krenngraben	Autriche	$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle \mathrm{L}} \ \mathrm{Fr} \ (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{17}$	86	134
de Krummenau	Thur	Suisse	A ¹ Fr (≥ 40m) ²⁵	90	164
da Kupferhammer	Freiwaldauer Biole	Allemayne, – Silésie	$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ r^{te} $(\geqslant 4()^{\mathrm{m}})^{\Omega}$	196	214
do Langenbrand	Murg	Grand Duché de Bade	Â ¹ F* (≥ 40m) ²⁴	99	150
do Lichtensteig	Thur	Suisse	$\mathbf{\hat{A}}^{\text{t}} \mathbf{F}^{\text{r}} (\geqslant 40^{\text{m}})^{24}$	88	152
de Longuich		Prusse-	~ r · (≥ 40m)-4	88	161
Bongalon	Wosono	Rhénane	$\mathbf{A}^{n} r^{te} (\gg 40^{m})^{10}$	236	279
de Lusserat	. Charente	France	$\widehat{\mathbf{A}}^1$ I^{r} $(\geqslant 40^{m})^{22}$	88	155
de Marbre, à Florenc	ee l				
Ceité plus haut, sous la lettre I	1	Italic	»	»	319
de Marbre, à Pise	.) »	Italic	»	»	305
de Maretta	Scrivia	Italie	A ¹ Fr (> 4()m)1	80	93
du Diable	1				
n Martorell (cité plu	ſ	-			0.40
haut, sous la lettre D)		Espayne))	»	313
de Mehring	. Moselle	Prusse- Rhénane	$\widehat{\mathbf{A}}^{\mathbf{n}} \mathbf{r}^{\mathrm{to}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^3$	230	252
de Michelau	. Glatzer Neisse	Allemayne, – Silésie	Ā ¹ r ^{to} (> 10m) ⁶	194	209
de Modène	. Panaro	<i>Italie</i>	»	»	307
ie la Monroe Street, à Spa	1				
kane		Ėtats-Unis) (21) 40	284	293
de Montanges		France	$\mathbf{A}^{1} \mathbf{r}^{to} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{12}$	16	62
Mosca, à Turin	. Dora Riparia	Italia	$\mathbf{\overline{A}}^{\scriptscriptstyle \perp} \mathrm{r}^{\scriptscriptstyle \mathrm{to}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{1}$	192	199
de Moulins (Pont de Mansart).	Allier	France	»	»	305

	Rivière		Symbole	Pa	ges
PONT	ou voie traversée	Pays	dans les séries ≥ 40 ^m	Tableau synoptique	Mono- graphie
de Narni	Nera	Italie	»	»	317
de Neuhammer	Queis	Allemagne – Silésie	$\bar{\mathbf{A}}^{1} \text{ r}^{\text{te}} \left(\geqslant 40^{\text{m}} \right)^{7}$	194	211
d'Orense	Miño	Espagne	»	»	311
d'Orléans	Loire	France	$\mathbf{\bar{A}^n}$ r ^{te} ($\gg 40^{\mathrm{m}}$) ⁴	232	255
dit Pont-y-tu-Pridd	Tafe	Angleterre	$\mathbf{\widehat{A}}^{\scriptscriptstyle \mathrm{I}} \ \mathrm{r}^{te} \ (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^2$	10	26
de Pouch	Vézère	France	$\mathbf{\widehat{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \ \mathrm{F}^{\scriptscriptstyle \mathrm{r}} \ (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^7$	82	110
de Marbre, à Pise (cité plus haut, sous la lettre M)		Ita lie	»	»	305
de Bellefield, à Pittsburg (cité plus haut, sous la lettre B)		États-Unis	. \$\widetilde{\mathbb{A}}^1\ \text{r}^{\text{to}} (\geq 4()^m)^{\text{O}}\$	14	49
Frédéric-Auguste, à Plauen (cité plus haut, sous la lettre F)	Une place	Saxe	¹ r ^{to} (≥ 4() ^m) ¹⁰	14	52
de Prarolo	Scrivia	Italie	$\widehat{\mathbf{A}}^1$ Fr $(\geqslant 40)^2$	80	93
de Putney	Tamise	Angleterre	A ⁿ v ^{te} (≥ 40 ^m) ¹	230	239
de Saint-Georges	Liri	Italie))	»	307
de Saint-Martin, à Tolède.	${f Tage}$	Espayne	»	,,	309
de Salcano	Isonzo	Autriche	$\mathbf{\hat{A}}^{1} \mathbf{F}^{r} (\geqslant 40^{m})^{19}$	» 86	141
du Saulnier	Gardon de Sainte – Cécile – d'Andorge	France	Ā ¹ r ^{to} (≥ 40 ^m) ⁶	12	40
sur le Schwändeholzdobel .	-	Grand-Duché de Bade	Â ¹ Fr (≥ 40m) ¹³	84	126
de Schweich	Moselle	Prusse-Rhén ^{ane}		234	268

PONT	Rivière ou voie		Symbole	Pag	ges
	traversée	· Pays	dans les séries ≥ 40 ^m	Tableau synoptique	Mono- graphie
de Schwusen	Bartsch	Allemayne, -			
1 0 0		Silésie	$\mathbf{A}^{1} r^{\mathrm{te}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{8}$	194	213
do Seythenex	Tamié	France	$\widehat{A}^{\mathtt{n}} \mathrm{r}^{\mathtt{te}} (\! \geqslant 40^{\mathtt{m}})^2$	170	177
de la Monroe Street, à Spokane (cité plus					
haut, sous la lettre M)	Spokane	États-Unis			
ur la Steyrling	Steyrling	Autriche	»	284	293
ur le Strandeelven	Strandcelven	}	$\widehat{\mathbf{A}}^{1} \operatorname{Fr} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{18}$	86	137
	Hallingdalselven	Norvège	$\mathbf{\hat{A}}^{1} \mathbf{F}^{r} (\geqslant 40^{m})^{16}$	84	132
NO DVOLINGIAU	 - Traillinggarseiven	Norvège	$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1} \mathrm{F^r} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{20}$	86	150
de Teinach	Nagold	Wurtemberg	$\mathbf{\bar{\bar{A}}}^{\scriptscriptstyle \mathrm{I}} \; \mathrm{r}^{\scriptscriptstyle \mathrm{te}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^2$	192	203
de Saint-Martin,			A 1 (/ 40 -)	132	200
à Tolède (cité plus haut,					
sous la lettre S)	Tage	Espagne	»	»	309
do Trajan	Danube	Hongrie	»))	317
do Trezzo	${f A}$ dda	Italie	$\mathbf{\hat{A}}^{1} \mathrm{r}^{\mathrm{te}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{1}$	10	19
de Trittenheim	Moselle	Prusse-		1	
		Rhénane	$\mathbf{\bar{A}^{n}} \; \Gamma^{\mathrm{te}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{9}$	234	276
Mosca,					
à Turin (cité plus haut, sous la lettre M)	Dora Riparia	Italie	<u> </u>	100	100
sous a tettre ML)	Dora Kiparia	Tittle	$\mathbf{\bar{A}}^{1} r^{\text{te}} (\geqslant 40^{\text{m}})^{1}$	192	199
du Vieux-Château,					
à Vérone	Adige	Italie	$\widehat{\mathbf{A}}^{\mathbf{n}} \; \mathbf{r}^{te} (\geqslant 40^{m})^{1}$	170	173
de Villeneuve-d'Agen	Lot	France	»	»	315
ļ					
de Weisenbach	Murg	Grand Duchė	<u> </u>		240
1	24.1	de Bade	A ¹ aq (>> 40m)!	216	219
de Wengern	Malapane	Allemagne, – Silėsie	$lacksquare$ 1 1 1 1	192	207
de Wheeling	WheelingCreek	Ėtats-Unis	$\widehat{\mathbf{A}}^1$ r ^{te} $(\geqslant 40^m)^8$	12	47
de Worochta	Pruth	Autriche	$\widehat{\mathbf{A}}^1 \ \mathrm{F^r} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{11}$	82	120
de Ziegenhals		Allemagne, -	E.	1	
	Biele	Silésie	$\mathbf{\tilde{A}}^{1} \mathrm{r}^{\mathrm{te}} (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{5}$	194	208

TABLE DES MATIÈRES DU TOME III

Pages

AVERTISSEMENT 1. Divisions de l'ouvrage. — 2. Classement des Ponts en séries. — 3. Classement dans chaque série par date d'exécution. — 4. Tableaux synoptiques. — Monographies (p. I). — 5. Suite, dans chaque monographie, de figures, planches, photographies, renvois, sources. — 6. Désignation abrégée des matériaux aux tableaux synoptiques et aux dessins (p. II). — 7. Unités adoptées pour comparer les quantités et dépenses. — A. Cintres. — B. Ouvrage (p. III).	rages I
1 ^{RE} PARTIE. — VOÛTES INARTICULÉES (Suite)	
PRÉLIMINAIRES	3
LIVRE I DESCRIPTION DES PONTS QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES DE 40 ^m ET PLUS DE PORTÉE. TABLEAUX SYNOPTIQUES. — MONOGRAPHIES. (Suite)	
VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ	ĒĀ
PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE	
SÉRIE $\widehat{\mathbf{A}}^1$ $\mathbf{r}^{\text{te}} (\geqslant 40^{\text{m}})$	
TABLEAU SYNOPTIQUE	10

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ $\widehat{\mathbf{A}}$

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SERIE $\widehat{\overline{\mathbf{A}}}^1$ $\mathbf{r}^{te} (\geqslant 40^m)$ (Suite)

	Pag	es.
Â'	r ^{te} (- 40) ^m) ¹ . Pont sur l'Adda, à Trezzo (Italie, – Lombardie) (1370–1377) (Détruit en 1416)	19
	TEXTE. — 1. Dates. — 2. Le pont était d'une seule arche (p. 19). — 3. Ce qui reste de la culée rive droite (p. 20). — 4. Ce qui reste de la culée rive gauche. — 5. Intrados. — Sources (p. 23).	
	DESSINS. — f _s . Tête aval. — Culée rive droite : f _s . Coupe en long, - f _s . Demi-coupe en travers, - f _s . Demi-élévation de côté. — f _s . Coupe du bandeau (p. 22).	
	PHOTOGRAPHIES. — Φ_i . Vue d'ensemble, aval (p. 20). — Culée rive droite, aval : Φ_i . Vue de côté, — Φ_i . Vue de face (p. 21). — Φ_i . Culée rive gauche, aval (p. 23).	
Â	r ^{te} (** 40 ^m) ² . — Pont dit « Pont-y-tu-Pridd », sur la Tafe, près de Newbridge (Angleterre, – Pays de Galles, – Comté de Glamorgan) (4749-4750)	26
	TEXTE 1. Premier pont (1746-1748) 2. Deuxième pont 3. Troisième pont (pont actuel, terminé en 1750) (p. 26) 4. Auteur Source (p. 28).	
	DESSINS. — f _i . Élévation. — f _i . Coupe en travers à la clef. — Cintre : f _i . Élévation, — f _i . Coupe en travers (p. 27).	
	$PHOTOGRAPHIE \Phi_i$ (p. 26).	
Â	Pont de Grosvenor, sur la Dec, à Chester (Angle-Terre, - Pays de Galles) (1833-1834)	29
	TEXTE. — 1. Cintre (p. 20). — 2. Construction de la voûte. — 3. Décintrement. — 4. Personnel. — Sources (p. 31).	
	DESSINS. — f ₄ . Elévation. — f ₅ . Coupe en long. — f ₅ , f ₄ . Coupes en travers : à la clef, aux reins (p. 30). — f ₅ . Cintre (p. 29).	
	$PHOTOGRAPHIE. \leftarrow \Phi_1$ (p. 29).	
Â	Pont sur le Torrent Fegana, près des Bains-de- Lucques (ITALIE, - Province de Lucques) (1845-1847, 1874-1877)	32
	TENTE. — 1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — 2. Histoire (p. 32). — 3. Couronnement convexe. — 4. Cintre. — 5. Construction de la voûte (p. 33). — 6. Fissures observées. — A. aux naissances (p. 34). — B. à la clef. — 7. Composition de la voûte. — 8. Personnel. — Sources (p. 35).	
	DESSINS. — I. Elévation. — I. Coupe en long et cintre (p. 33).	
	PHOTOGRAPHIE. — Φ_i (p. 32).	j2

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ Â

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SERIE $\widehat{\overline{\mathbf{A}}}^1$ \mathbf{r}^{te} ($\geqslant 40^m$) (Suite)

	Pages
$\hat{\mathbf{A}}^1$ $\mathbf{r}^{te} \gg 40^{m}$. — Pont sur le Drac, à Claix (France, – Isère) (1873-1874).	30
TEXTE. — 1. Aspect. — 2. Cintre. — A. Appui en rivière (p. 36). — B. Dépenses. — 3. Fondations. — 4. Exécution de la voûte. — 5. Décintrement. — 6. Dépenses (p. 38). — 7. Mouvements dus aux variations de température. — A. Observations faites avant 1879. — B. Observations faites en septembre 1908. — 8. Personnel. — Sources (p. 39).	
DESSINS. — f ₁ . Élévation aval. — f ₂ . Coupe en long. — f ₃ , f ₄ . Coupes en travers : aux retombées, aux reins. — f ₅ . Coupe horizontale. — Cintre : f ₆ . Élévation, - f ₇ . Coupe en travers (p. 37).	
PHOTOGRAPHIE. — Φ_{t} (p. 36).	
r ^{te} (≥ 40 ^m) ⁶ . — Pont du Saulnier, sur le Gardon de Sainte-Cécile d'Andorge (France, - Lozère) (1882) (Écroulé en 1912).	4 0
TEXTE. — 1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — 2. Cintre (p. 40). — 3. Fondation de la culée rive gauche. — 4. Exécution de la voûte. — 5. Décintrement. — 6. Mouvements postérieurs au décintrement. — A. Mouvements de la culée rive gauche (p. 41). — B. Déformations de la voûte (p. 42). — C. Déformations des tympans (p. 43). — 7. Chute du pont (28 janvier 1912). — 8. Ingénieur (p. 44). — Sources (p. 45).	
DESSINS. — f ₄ . Élévation aval. — f ₂ . Coupe en travers au-dessus d'unc culée. — Cintre : f ₃ . Élévation, — f ₄ . Coupe en travers (p. 40). — État du Pont, décembre 1908 : f ₅ . Élévation aval, — f ₅ . Élévation amont, — f ₇ . Douelle (p. 43).	
PHOTOGRAPHIES. — Φ_i – amont (2 septembre 1908) (p. 42). — Φ_i – amont (6 février 1912) (p. 44).	
ι r ^{te} (> 40 ^m) ⁷ . — Pont sur la Black River, à Elyria (É⊤ATS-UNIS, - Ohio) (1886)	46
TEXTE. — 1. Personnel. — Source (p. 46).	
$PHOTOGRAPHIE \Phi_{i}$ (p. 46).	
Å r ^{te} (≥ 40 ^m)8. — Pont de la Main Street, sur le Wheeling Creek, à Wheeling (États-Unis, - West-Virginia) (1891-1892)	47
TEXTE. — 1. Personnel. — Sources (p. 48).	
$DESSINS f_4$. Élévation. $-f_4$. Coupe en travers. $-$ Cintre : f_4 . Élévation, $-f_4$. Coupe en travers (p. 47).	
PHOTOGRAPHIE. — Φ_i (p. 48).	

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSE Â

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE A rie (> 40m) (Suite)

Pages.

A¹ r¹0 (> 40)m)9. — Pont de Bellefield, sur le Creux de Saint-Pierre, à Pittsburg (Etats-Unis, - Pennsylvanie) (1896-1897).. 49

TENTE. — 1. Matériaux de la voûte (p. 49). — 2. Chape. — 3. Cintre. — 4. Fondations. — 5. Exécution de la grande voûte (p. 50). — 6. Décintrement. — 7. Quantités. — 8. Personnel. — Source (p. 51).

DESSINS. — f₁. Élévation. — f₂. Coupe en long. — f₃. Coupe en travers. — f₄. Coupe horizontale (p. 49). — f₈. Cintre (p. 50).

A rte (> 40m) 10. — Pont Frédéric-Auguste, sur la vallée de la Syra, à Plauen (Allemagne, -Saxe, -Voigtland) (1903-1905) 52

TENTE. — 1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — 2. Pourquoi on n'a pas articulé la voûte (p. 52). — 3. Tympans. — 4. Couronnement, Chaussée. — 5. Matériaux. — A. Pierres. — B. Mortier. — 6. Calculs (p. 53). — 7. Cintre (p. 54). — 8. Fondations (p. 55). — 9. Exécution de la grande voûte. — 10. Décintrement. — 11. Durée de la construction (p. 56). — 12. Mouvements de la clef depuis le décintrement (p. 57). — 13. Dépenses. — 14. Personnel. — Sources (p. 58).

DESSINS. — 1º Hors-Texte. — Pl, (p. 52^{his}). — f, Élévation. — f₂. Coupe horizontale. — f₂. Coupe en long. — f₄. Coupe en travers.

2º Dans le Texte. — Cintre : f_s. Élévation, - f_s. Coupe en travers (p. 55). — f_s. Mouvements de la clef depuis le décintrement (p. 57).

 $PHOTOGRAPHIES. - \Phi_{1}$. Ensemble (p. 52). — Φ_{2} . Cintre (p. 54).

 \mathbf{A}^{1} $\mathbf{r}^{te} (\geqslant 40^{m})^{11}$. — **Pont** sur la Singine, près de **Guggersbach** (Suisse, - Berne) (1906).....

59

TEXTE. — 1. Matériaux. — 2. Joints de dilatation. Chape. — 3. Efforts dans le béton armé (p. 59). — 4. Cintre. — 5. Exécution de la voûte. — A. 1er rouleau. — B. 2me rouleau. — 6. Dates. — 7. Personnel. — Sources (p. 61).

 $DESSINS. = f_4$. Élévation. $= f_5$. Coupe en long. $= f_5$. Demi-coupe en travers : à la clef, aux reins. $= f_4$. Nervure du hourdis. Coupe en long. $= f_5$. Élévation, $= f_4$. Coupe en travers.

 $PHOTOGRAPHIE. - \Phi_i$ (p. 59).

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSE Â

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE	
SERIE A 1 rte (> 40m) (Suite)	Pages.
A rte (> 40m)12. — Pont sur la Valserine, au Moulin des Pierres, près de Montanges (France, - Ain) (1908-1910)	62
TEXTE. — 1. Dispositions d'ensemble. — 2. Chape (p. 62). — 3. Cintre. — A. Dispositions d'ensemble (p. 64). — B. Calcul. — C. Appareils de décintrement. — D. Mise en place. — 4. Mouvements du cintre avant la construction de la voûte (p. 66). — 5. Exécution de la grande voûte : A. Division en rouleaux. — B. 1er rouleau. — C. Clarages (p. 67). — 6. Mouvements du cintre pendant la construction de la voûte. — A. 1er rouleau. — B. 2mo rouleau. — 7. Décintrement (p. 68). — 8. Dates. — 9. Quantités et dépenses (p. 69). — 10. Personnel. — Sources (p. 70).	
DESSINS. — f ₄ . Élévation aval (p. 63). — f ₂ . Demi-coupe en long. — f ₃ . Coupe en travers à la clef (p. 64). — Cintre: f ₄ . Élévation, — f ₅ . Coupe en travers (p. 65), — f ₅ . Assemblage de deux pièces d'un montant; — Contreventement horizontal d'une pile: f ₇ . Ensemble, — f ₈ . Détail (p. 64); — Appareil de décintrement: f ₉ . Vue de face, — f ₁₀ . Vue de côté (p. 66). — f ₁₁ , f ₁₂ . Étais et câbles soutenant les tronçons des reins pendant le clavage (p. 67). — f ₁₃ . Mouvements du cintre pendant la construction de la voûte. Coupe en travers du cintre avant le clavage du for rouleau (p. 68).	
PHOTOGRAPHIES. — $\Phi_{\bf i}$. Ensemble (p. 62). — $\Phi_{\bf j}$. Construction du 1er rouleau (p. 67).	
PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE	
SOUS CONDUITE D'EAU (AQUEDUCS)	
SÉRIE $\widehat{A}^{\scriptscriptstyle 1}$ aq ($\geqslant 40^{\scriptscriptstyle \mathrm{m}}$)	
TABLEAU SYNOPTIQUE MONOGRAPHIES:	72
¹ aq (≥ 40 ^m) ¹ . — Pont de Cabin-John, sur le Cabin-John Creek, près de Washington (É⊤ATS-UNIS) (1857-1864)	· ·
TEXTE. — 1. Conduite d'eau sur l'ouvrage (p. 75). — 2. Voûte en deux rouleaux indépendants. — 3. Fondations. — 4. Décintrement. — 5. Ingénieur. — Sources (p. 77).	
DESSINS. — f_4 . Élévation (p. 76). — f_2 . Coupe en long. — f_3 . Coupe en travers à la clef (p. 77). — f_4 . Cintre (p. 76).	

PHOTOGRAPHIE. — Φ_{i} (p. 75).

VOÛTES INARTICULEES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ À

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SERIE $\widehat{\overline{\mathbf{A}}}^{\scriptscriptstyle 1}$ $F^{\scriptscriptstyle r}$ ($\gg 40^{\scriptscriptstyle m}$)

TABLEAU SYNOPTIQUE	Pages.
A Fr (> 40m) 1 et 2. — Ponts sur la Scrivia, près de Maretta et de Prarole (ITALIE, - Province de Gênes) (1851-1852)	93
A ¹ I ^{2r} (22.40m) ³ et 4 Ponts sur la Scrivia, près d'Isola del Cantone (ITALIE, - Province de Gênes) (1852)	98
 A Pr (> 40m)5. — Pont sur l'Oglio, près de Calcio (ITALIE, - Lombardie (1877-1878))	100
A¹ Pr (> 40m)6. — Pont sur la Vézère, au Gour-Noir (France, - Corrèze (1888-1889). TEXTE. — 1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — 2. Bandeau et archivolte. — 3. Pilastres des culées (p. 103). — 4. Joints vus d'extrados. — 5. Cintre. — A. Description (p. 105). — B. Quantités et Dépenses. — 6. Exécution de la grand voûte. — A. Division en rouleaux et tronçons. — B. 1 ^{er} rouleau (p. 106). — C. Renseignements sur l'exécution de la grande voûte (p. 107). — 7. Mouvement de la voûte dus aux variations de température (p. 108). — 8. Personnel. — Sources (p. 109). DESSINS. — f₁. Élévation. — f₂. Coupe en long. — Élévation du cintre. — f₂. Coupe en travers du cintre (p. 103). — Exécution de la grande voûte. — Coupes en long f₄. Construction du 1ºr rouleau (p. 106), — f₃. Voûte achevée (p. 107). — f₅. Mouve ments de la clef dus aux variations de température. — f₂, f₅, f₀, f₁₀. Fissures dan les dernières voûtes d'évidement et au-dessus (p. 108). PHOTOGRAPHIES. — Φ₁ — amont (p. 103). — Φ₂. Cintre (p. 105).	103

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSE A

(Suite)

PONT A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $\widehat{\overline{\mathbf{A}}}^{\mathbf{1}}$ $F^{\mathbf{r}}$ ($\geqslant 40^{m}$) (Suite) Pages. ù Fr (≥ 40m)7. — Pont sur la Vézère, à Pouch (France, - Corrèze) (1890).... 110 TEXTE. - 1. Pourquoi on a fait une grande voûte. - 2. Cintre. - 3. Construction de la voute (p. 110). - 4. Personnel. -- Sources (p. 111). DESSINS. $-f_1$. Elévation. $-f_2$. Culée. $-f_3$. Couronnement. $-f_4$. Cintre (p. 111). PHOTOGRAPHIE. — Φ_{i} (p. 110). Â' F' (> 40m)8. - Pont sur la Vézère, à Freyssinet (France, - Corrèze) (1890-1891)..... 112 TEXTE. - 1. Pourquoi on a fait une grande voute. - 2. Appareil. Couronnement. -3. Cintre (p. 112). — 4. Personnel. — Sources (p. 113). DESSIN. - f. Elevation (p. 113). PHOTOGRAPHIE. — Φ_{\star} (p. 112). \$\hat{\blackblack}\begin{aligned} \begin{aligned} \hat{\blackblack}\end{aligned} \begin{aligned} \hat{\blackblack}\end (1893-1894).... 114 TEXTE. - 1. Pourquoi on a adopté une grande voûte. - 2. Aspect. - 3. Chape (p. 114). — 4. Cintre. — 5. Execution de la grande voute. — 6. Avantages du matage. - 7. Main-d'œuvre et fournitures pour la grande voute. - 8. Dates (p. 116). — 9. Épreuves. — 10. Grandes voutes imitées de celle de Jaremeze. — 11. Personnel. - Sources (p. 117). DESSINS. — f. Ensemble. — f. Grande voute (p. 115). — Cintre : f. Élévation, f₄. Coupe en travers (p. 116). PHOTOGRAPHIE. — $\Phi_{\rm r}$ (p. 114). ¹ F¹ (≥ 40m)10. — Pont sur le Pruth, à Jamna (Autriche, - Galicie) 118 TEXTE. — 1. Quelques observations. — 2. Exécution de la grande voûte (p. 118). — 3. Dates. — 4. Personnel. — Sources (p. 119). $DESSINS. - f_i$. Ensemble. $- f_s$. Grande voûte. $- f_s$. Cintre (p. 119). PHOTOGRAPHIE. — Φ_{i} (p. 118). A Fr (> 40m)11. — Pont sur le Pruth, près de Worochta (AUTRICHE, -Galicie) (1893-1894)..... TEXTE. — 1. Quelques observations (p. 120). — 2. Personnel. — Sources (p. 121). DESSINS. — f_1 . Ensemble. — f_2 . Grande voûte (p. 121). PHOTOGRAPHIE. — Φ_1 (p. 120).

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSE A

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SERIE Â Fr (> 40m) (Suite)

	Signal A 1 (Suite)	
A	Fr (> 10m) 12. — Pont sur la Gutach (Allemagne, - Bade) (1899-1900)	Pages. 122
	TENTE. — 1. Pieds-droits de la grande voûte. — 2. Joints de dilatation. — 3. Chape (p. 122). — 4. Plinthe. — 5. Cintre. — 6. Exécution de la grande voûte (p. 124). — 7. Tassements moyens à la clef. — Sources (p. 125).	122
	DESSINS. — f ₁ . Ensemble. — f ₂ . Grande voûte. — f ₃ . Plan par-dessus. — f ₄ . Plan sous la plinthe. — f ₃ . Coupe en travers à la clef (p. 123). — Cintre : f ₆ . Élévation, — f ₇ . Plan des piles (p. 124)	
	PHOTOGRAPHIE. — Φ_i – aval (p. 122).	
Â'	F'r (> 10m)13. — Pont sur le Schwändeholzdobel (Allemagne, - Bade) (1899-1900)	496
	(p. 126). — 4. Cintre. — 5. Exécution de la grande voûte. — 6. Dates. — 7. Tassements moyens à la clef. — Sources (p. 128).	126
	$DESSINS f_4$. Elévation. $- f_5$. Coupe en travers à la clef. $- f_5$. Plan sous la plinthe. $- f_4$. Cintre (p. 127).	
	$PHOTOGRAPHIE \Phi_i$ (p. 126).	
Â	1 ^{cr} (> 10 ^m)14. — Pont sur la Chemnitz (Allemagne, - Saxe) (1901-1902).	129
	TEXTE. — 1. Dispositions à signaler. — 2. Personnel. — Sources (p. 129). DESSINS. — f ₁ . Ensemble. — f ₂ . Grande voûte. — f ₃ . Coupe en travers à la clef (p. 129).	
	$PHOTOGRAPHIE \Phi_i$ (p. 129).	
Â	Fr (> 40m)15. — Pont sur la Diveria (ITALIE, - Province de l'Ossola) (1902)	130
	TEXTE. — 1. Quelques observations. — 2. Cintre. — 3. Dates (p. 130). — 4. Personnel. — Sources (p. 131).	•
	DESSINS. — f. Élévation. — f. Coupe en long. — Cintre : f. Élévation, - f. Coupe en travers (p. 131).	
	$PHOTOGRAPHIE. = \Phi_i$ (p. 130).	
A	Fr (> 40m) 16. — Pont sur le Strandeelven, près de Voss (Norvège) (1902-1904)	132
	TEXTE 1. Dates 2. Personnel (p. 132) Source (p. 133).	
	DESSINS. — f ₁ . Élévation. — f ₂ . Coupe en travers. — Cintre : f ₃ . Élévation, - f ₄ . Coupe en travers (p. 132).	
	$PHOTOGRAPHIE \Phi_i$ (p. 133).	

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ Â

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE Â Fr (> 40m)

(Z)	
\mathbf{A}^{1} \mathbf{F}^{r} ($\geqslant 40^{m}$) 17 . — Pont sur le Krenngraben , près de Dirnbach (Haute-Autriche) (1904-1905)	Page
TEXTE 1. Dispositions en vue de la courbe du tracé (p. 134) 2. Viaduc d'évidement 3. Aspect (p. 135) 4. Cintre 5. Dates 6. Personnel Sources (p. 136).	10
DESSINS. — f ₄ . Élévation. — f ₂ . Coupe en long. — f ₃ . Coupe en travers. — Culée: f ₄ . Coupe horizontale, - f ₅ , f ₆ . Dalle en béton armé (p. 135). — f ₇ , f ₈ . Corbeaux audessus des retombées (p. 134). — Cintre: f ₁₀ . Élévation f ₁₁ . Coupe en travers (p. 136).	
$PHOTOGRAPHIE \Phi_i$ (p. 134).	
$\mathbf{\hat{A}}^{1}$ F ^r ($\gg 40^{\mathrm{m}}$) ¹⁸ . — Pont sur la Steyrling (Haute-Autriche) (1904-1905)	13'
TEXTE. — 1. Tympans. — 2. Cartouche de clef (p. 137). — 3. Dates. — 4. Personnel. — Sources (p. 140).	
DESSINS. — f _s . Élévation (p. 138). — f _s . Coupe en long (p. 139). — f _s . Coupe en travers. — f _s . Coupe horizontale d'une culée (p. 138). — Cintre : f _s . Élévation, f _s . Coupe en travers (p. 139).	
$PHOTOGRAPHIES \Phi_{\rm i}.$ Vue de face (p. 187) $\Phi_{\rm g}.$ Vue de côté (p. 140).	
$\mathbf{A}^{1} \mathbf{F}^{r} (\geqslant 40^{m})^{19}$. — Pont sur l'Isonzo, près de Salcano (Autriche, - Küstenland) (1904-1906)	14
TEXTE. — 1. Pourquoi on a fait un pont en maçonnerie. —2. Pourquoi on a fait une voûte de 85 ^m . — 3. Aspect (p. 141). — 4. Chape. — 5. Joints de dilatation. — 6. Matériaux. — A. Grande voûte (p. 143). — B. Autres parties de l'ouvrage. — 7. Cintre (p. 144). — 8. Fondations. — 9. Exécution de la grande voûte. — A. 1 ^{er} rouleau (p. 145). — B. 2 ^e rouleau. — C. 3 ^e rouleau. — 10. Décintrement (p. 146). — 11. Tassements du cintre pendant la construction de la voûte. — 12. Mouvements de la voûte au décintrement (p. 147). — 13. Mouvements de la clef dus aux variations de température. — 14. Dates. — 15. Quantités et Dépenses. — A. Quantités et prix d'unité (p. 148). — B. Prix totaux. — 16. Personnel. — Sources (p. 149).	
DESSINS. — f ₁ . Ensemble, aval. — f ₂ . Grande voute (p. 142). — f ₃ . Coupe en long, côté rive gauche. — f ₄ . Coupe en travers du pilastre rive droite (p. 143). — Cintre : f ₅ . Élévation, — f ₆ . Coupe en travers (p. 144). — Exécution de la grande voute : f ₇ , Rouleaux, tronçons, clavages, coupe en long, — f ₈ . Coins et liteaux maintenant les joints secs. — f ₈ . Billots de décintrement Zusser (p. 146). — Tassements du cintre pendant la construction de la voûte : f ₁₀ . 1 ^{cr} rouleau posé, — f ₄₁ . Les deux premiers rouleaux clavés, — f ₄₂ . Aussitôt avant le décintrement, — f ₁₈ . Schéma du cintre. — f ₄₄ . Axe de la voûte avant et après décintrement (p. 147).	

PHOTOGRAPHIES. — Φ_{i} (p. 141). — Φ_{i} . Cintre (p. 145).

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC ASSEZ SURBAISSE A

(Suite)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÈRIE $\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ F^r ($\geqslant 40^{\rm m}$) (Suite)

,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	Pages.
\mathbf{A}^1 F ^r ($\gg 4$ () ^m) ²⁰ . — Pont sur le Hallingdalselven, à Svenkerud ((1905–1907)	Norvège) 150
TEXTE. — 1. Dates. — 2. Personnel (p. 150). — Sources (p. 151).	
DESSINS. — f _s . Élévation. — f _s . Coupe en long. — f _s . Coupe en travers. (p. 150). — Cintre : f _s . Élévation, — f _s . Coupe en travers, — f _s . Retombé	
$PIIOTOGRAPHIE. = \Phi_{i}$ (p. 151).	
$\widehat{\mathbf{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ F ^r (\geqslant 40 ^m) ²¹ . — Pont sur la Murg, près de Langenbrand (Alli Bade) (1907-1909)	EMAGNE, - 152
TEXTE. — 1. Dates (p. 152). — 2. Personnel. — Sources (p. 154).	
DESSINS. — f _s . Ensemble (p. 152). — f _s . Grande voûte (p. 153). — f _s . Coupe f _s . Coupe en travers. — f _s . Plinthe (p. 154). — Cintre : f _s . Elévation, en travers (p. 153).	en long. — – f,. Coupe
$PIIOTOGRAPIIIE\Phi_{i}$ (p. 152).	
$\widehat{\mathbf{A}}^1$ $\mathrm{F^r}$ ($\geqslant 40^{\mathrm{m}}$) 22 . — Pont sur la Charente, près de Lusserat (I Charente-Inférieure) (1908-1910)	France, – 455
 TEXTE. — 1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — 2. Appareil. — A. B. Culèrs. — 3. Fondation à l'air comprimé de la culée rive droite 4. Exécution de la grande voûte. — A. Division en rouleaux. — B. (p. 157). — 5. Mouvements au décintrement mesurés avec 8 appareils à à tige de 1^m. — 6. Mouvements dus à la température. — 7. Dates. — nel. — Sources (p. 158). 	(p. 155). — 1ºr rouleau Manct-Rabut
DESSINS. — f_4 . Élévation. — f_5 . Demi-coupe en long, côté rive droite. rive gauche. Coupe en long. — f_4 . Coupe en travers à la clef. — Cintre tion, — f_6 . Coupe en travers (p. 156). — f_7 . Division de la voûte en tronçons. — f_8 . Joints secs (p. 157). — f_9 . Mouvements au décintrement	e : f _s . Eléva- rouleaux et
$PHOTOGRAPHIES \Phi_{i}$ (p. 155). $- \Phi_{i}$. Cintre (p. 157).	
$\widehat{m{A}}^{\scriptscriptstyle 1}$ $\mathrm{F^r} \gg 40^{\mathrm{m}})^{23}$. — Pont sur le Nidelven, à Boïlefos (Norvège) (19	908-19). 159
TEXTE. — 1. Personnel (p. 159). — Sources (p. 160).	
$DESSINS. = f_1$. Élévation. $-f_2$. Coupe en long. $-f_3$. Coupe en travers Cintre: f_4 . Élévation, $-f_3$, f_6 . Coupes en travers: à la clef, aux reins (à la clef. — p. 159).
PHOTOGRAPHIE. — $\Phi_{_{4}}$ (p. 160).	

T. 1II. — 53

TABLE DES MATIÈRES_DU TOME III	
COUTES INARTICULEES EN ARC ASSEZ SURBAISSE	Ä
	!
PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE	
SÉRIE ¹ Fr (≥ 40m) (Suite)	Pages.
$\mathbf{\tilde{A}}^1$ Fr $(> 40^m)^{24}$. — Pont sur la Thur, à Lichtensteig (Suisse, - Saint-Gall) (1907-1909)	161
 TEXTE 1. Efforts dans la voûte (Méthode Ritter) 2. Cintre A. Efforts (p. 161). - B. Surhaussement de 80mm 3. Dates 4. Personnel Sources (p. 163). DESSINS f. Élévation f. Coupe en travers aux reins f. Exécution de la voûte 1er et 2e rouleaux Cintre: f. Élévation, - f. Coupe en travers, - f. f. Billots de décintrement (p. 162). PHOTOGRAPHIE Φ. (p. 161). 	
1 Fr > 40m) ²⁵ . — Pont sur la Thur, à Krummenau (Suisse, - Saint-	164
Gall) (1910-1911)	104
PHOTOGRAPHIE. — Φ_1 (p. 164). PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE	
SÉRIE Â ⁿ r ^{te} (> 40 ^m)	
TABLEAU SYNOPTIQUE	170
Ân r ^{te} (≥ 40 ^m) ¹ . — Pont du Vieux-Château (Castelvecchio), sur l'Adige, à Vérone (Italie) (1354-1356)	173
 TEXTE. — 1. Grande arche. Courbe en plan (p. 174). — 2. Matériaux. — A. Pile. — B. Bandeaux. — C. Douelle (p. 175). — D. Dimensions des briques. — 3. Dates. — 4. Ingénieurs. — Sources (p. 176). DESSINS. — f₁. Ensemble, amont. — Grande arche: f₂. Élévation, amont (p. 173), — f₃. Plan du dessus, – f₄. Coupe en travers au sommet (p. 174). PHOTOGRAPHIES. — Φ₄. — amont (p. 174). — Ф₂. — amont (p. 175). 	
An rte (> 40m)2. — Pont sur le ruisseau de Tamié, près de Seythenex	177
(France, - Haute-Savoie) (1908-1911)	

VOÛTES INARTICULEES EN ARC ASSEZ SURBAISSÉ Â (Suite) PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE SÉRIE Ân Fr (> 40m) TABLEAU SYNOPTIQUE..... 182 MONOGRAPHIES: $\widehat{\mathbf{A}}^{\mathrm{n}} \ \mathrm{F}^{\mathrm{r}} \ (\gg 40^{\mathrm{m}})^{4}$. — **Pont** sur l'Isonzo, près de **Canale** (Autriche, – Küstenland) (1904–1906)..... 185 TENTE. - 1. Piles biaises (p. 185). - 2. Aspect. - 3. Matériaux. - 4. Exécution des grandes voûtes. -5. Dates (p. 186). -6. Personnel. - Sources (p. 187). DESSINS. - f. Ensemble, amont. - Arche en rivière : f. Élévation, - f. Plan $PHOTO(GRAPHIES, -\Phi_1$. Les 3 arches de $40^{\rm m}$ (p. 186). $-\Phi_2$. Cintres (p. 187). VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISSÉ À PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE SÉRIE A rte (> 40m) 192TABLEAU SYNOPTIQUE..... MONOGRAPHIES: A rto (≥ 40m)1. — Pont Mosca, sur la Dora Riparia, à Turin (Italie) 199 (1834)..... TENTE. - 1. Le Pont Mosca est imité du « Pont d'une arche de 150 pieds d'ouverture, projeté (par Perronet) pour être construit sur chacun des deux bras de la Seine *à Melun* » (p. 199). — 2. Cintre (p. 200). — 3. Fondations. — 4. Exécution de la voute. — 5. Décintrement. — 6. Durée d'exécution (p. 201). — 7. Dépense. — 8. Ingénieur. — Sources (p. 202). DESSINS. - f₁. Elévation. - f₂. Plan d'un terre-plein. - f₃. Cintre (p. 200). f_4 . Comment varie l'épaisseur des joints (p. 201). $PHOTOGRAPHIE. - \Phi_{+}$ (p. 199). A rto (> 40m)2. - Pont sur la Nagold, à Teinach (Allemagne, - Wurtemherg (1882)..... 203 TEXTE. - 1. Grande voute. - 2. Chaussée. Trottoirs (p. 203). - 3. Chape. -4. Cintre. - 5. Fondations. - 6. Execution de la voûte (p. 204). - 7. Décintrement. — 8. Fissures et tassements. — 9. Durée d'exécution. — 10. Personnel. — Sources (p. 205).

DESSINS. — f. Élévation. — f. Coupe en long. — f. Coupe en travers aux reins

(p. 203). — Cintre : f_s. Elévation, - f_a. Coupe en travers (p. 204).

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISSÉ À PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE SÉRIE A rte (> 40m) (Suite) Pages. $\widehat{\mathbf{A}}^{1}$ r^{te} ($\gg 40^{m}$)³. — Pont sur la Murg, à Huzenbach (Allemagne, - Wurtemberg) (1889)..... 206 TEXTE. - Sources (p. 206). DESSINS. - f. Élévation. - f. Coupe en long et cintre (p. 206). \mathbf{A}^1 r^{te} ($\gg 40^{m}$) 4 . — Pont sur la Malapane, à Wengern (Allemagne, -Silésie, - Cercle d'Oppeln) (1904)..... 207 TEXTE. - 1. Personnel. - Source (p. 207). $DESSINS. = f_4$. Élévation. $= f_4$. Coupe en long. = Coupes en travers : f_4 . À la clef, = f_{s} . aux reins, - f_{s} . dans une culée (p. 207). 🛱 r^{te} (> 40^m)⁵. — **Pont** sur la Freiwaldauer Biele, à **Ziegenhals** (ALLE-MAGNE, - Silésie, - Cercle de Neisse) (1905)...... TEXTE. — 1. Personnel. — Source (p. 208). $DESSINS. - f_4$. Elévation. - f_2 . Coupe en long (p. 208). A rte (> 40m)6. — Pont sur la Glatzer Neisse, à Michelau (Allemagne, -Silésie, - Cercle de Brieg) (1905-1906) 209 TEXTE. — 1. Dates (p. 209). — 2. Personnel. — Sources (p. 210). DESSINS. — f. Élévation. — f. Coupe en long. — f. Coupe en travers à la clef. — Cintre: f_s. Elévation, — f_s. Coupe en travers (p. 200). PHOTOGRAPHIE. — Φ_i (p. 210). A rte (> 40m)7. — Pont sur la Queis, à Neuhammer (Allemagne, -Silésie, - Cercle de Sagan) (Projet: 1905)..... 211 TEXTE. — 1. Aspect. — 2. Personnel. — Sources (p. 212). DESSINS. $-f_4$. Ensemble. $-f_2$. Grande arche. $-f_3$. Coupe en long. $-f_4$. Culée. f_s . Coupe en travers d'une culée (p. 211). PHOTOGRAPHIE. — Φ_{i} (p. 212). A rte (> 40m)8. — Pont sur la Bartsch, à Schwusen (Allemagne, - Silésie, -Cercle de Glogau) (1907)..... 213 TEXTE. — 1. Personnel. — Source (p. 213). $DESSINS. - f_i$. Elévation. $- f_2$. Coupe en long. $- f_3$. Coupe en travers à la clef. f_{\bullet} . Couronnement. — Cintre : f_{\bullet} . Elévation, — f_{\bullet} . Coupe en travers (p. 213). ¹ r^{te} (> 40^m)⁹. — Pont sur la Freiwaldauer Biele, à Kupferhammer (Allemagne, - Silésie, - Cercle de Neisse) (1907).... 214 TEXTE. — 1. Personnel. — Source (p. 214).

DESSIN. — f. Coupe en long (p. 214).

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISS	
PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CONDUITE D'EAU (AQUEDUCS))
SÉRIE $\widehat{\mathbf{A}}^1$ aq $(\geqslant 40^{\mathrm{m}})$	Dogge
TABLEAU SYNOPTIQUE. MONOGRAPHIES:	Pages. 216
A aq (> 40m) ⁴ . — Pont sur la Murg, près de Weisenbach (Alle-MAGNE, – Grand-Duché de Bade) (1885)	219
PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE	
SÉRIE \mathbf{A}^1 F' $(\geqslant 40^{\mathrm{m}})$	
TABLEAU SYNOPTIQUE	222
A¹ F'r (>> 40m)¹. — Pont de Bellows Falls, sur le Connecticut (ÉTATS- UNIS, - Vermont) (1899)	225
pont en maçonnerie. — 3. Couronnement. — 4. Cintres. — A. Partie au-dessus des naissances. — B. Partie au-dessous des naissances. — 5. Exécution des voûtes (p. 227). — 6. Quantités. — 7. Dates. — 8. Personnel. — Sources (p. 228).	
DESSINS. — f ₁ . Ensemble. — f ₂ . Arche sur la rivière. — f ₃ . Coupe en travers aux retombées. — Cintre de l'arche sur la rivière : f ₄ . Élévation, - f ₅ . Détail (p. 226).	
$PIIOTOGRAPHIE \Phi_i$ (p. 225).	
PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE	
SÉRIE $\widehat{\mathbf{A}}^{\mathbf{n}}$ \mathbf{r}^{te} ($\geqslant 40^{\mathrm{m}}$)	
TABLEAU SYNOPTIQUE	230
$\mathbf{\tilde{A}}^{n}$ r ^{te} ($\gg 40^{m}$) ¹ . — Pont de Putney sur la Tamise (Angleterre) (1882–1883).	239
TEXTE. — 1. Quelques dispositions (p. 239). — 2. Cintres. — 3. Fondations. — A. Piles (p. 241). — B. Culées. — 4. Exécution des voûtes. — 5. Personnel. — Sources (p. 242).	
1)ESSINS. — f ₁ . Ensemble. — f ₂ . Arche centrale. — f ₃ , f ₄ . Coupes sur l'axe d'une pile de l'arche centrale, en long, en travers. — f ₅ . Dalles sous chaussée. — f ₆ . Plan d'un caisson de fondation (p. 240). — Cintre d'une arche de rive : f ₇ . Élévation, — f ₈ , f ₉ . Support. — Cintre de l'arche centrale. Détails d'une ferme : f ₁₀ . Élévation, — f ₁₁ , f ₁₂ . Coupes en travers (p. 241). — Culée : f ₁₃ . Coupe en long, — f ₁₄ . Coupe horizontale (p, 242).	
$PHOTOGRAPHIE \Phi_{i}$ (p. 239).	

VOÛTES INARTICULÉES EN ARC TRÈS SURBAISSE A

(Suite)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE An rte (> 40m) (Suite)

	Pages
$\mathbf{\tilde{A}}^{n} \mathbf{r}^{te} \gg 40^{m})^{2}$. — Pont Boucicaut , sur la Saône, à Verjux (France, – Saône-et-Loire) (1888-1890)	243
TEXTE. — 1. Tracé de l'intrados (p. 243). — 2. Renflement de l'intrados par rapport à l'arc de cercle de même portée et même montée. — 3. Extrados. — 4. Pourquoi on a adopté des voûtes en projection de chaînette (p. 244). — 5. Pourquoi on a réduit l'épaisseur de la voûte. — 6. Appareil des voûtes (p. 245). — 7. Tympans. — 8. Couronnement. — 9. Cintres (p. 246). — 10. Fondations. — A. Piles (p. 247). — B. Culèes. — 11. Exécution des voûtes. — 12. Décintrement. — A. Voille 1 (sur cintre marinier) (p. 248). — B. Voûtes 2 à 5. — 13. Mouvements observés (p. 249). — 14. Personnel (p. 250). — Sources (p. 251).	
DESSINS. — f ₁ . Ensemble, aval. — f ₂ . Une arche (p. 243). — f ₃ . Renslement de l'intrados par rapport à l'arc de cercle de même portée et même montée (p. 244). — Appareil des voûtes : f ₄ . Bandeau, – f ₅ . Corps (245). — f ₆ . Demi-coupes en travers, à la clef d'une voûte, sur l'axe d'une pile. — Cintre courant : f ₄ . Élévation, – f ₅ . Coupe en travers (p. 246). — f ₅ . Cintre marinier. – Agrandissement de la passe. — f ₄₀ . Coupe en long d'une pile (p. 247). — f ₁₁ . Coupe en long d'une culée (p. 248). — Fissures dans les tympans : f ₁₂ . Tête aval, – f ₄₃ . Tête amont. — f ₄₄ . Mouvements au-dessus des clefs et des appuis (p. 250). PHOTOGRAPHIE. — Φ ₄ (p. 245).	
·	
$\mathbf{\hat{A}}^{n} \mathbf{r}^{te} (\geqslant 40^{m})^{3}$. — Pont sur la Moselle, à Mehring (Allemagne, – Prusse-Rhénane) (1903-1904)	252
TEXTE. — 1. Matériaux. — 2. Cintre marinier (p. 252). — 3. Dates. — 4. Personnel. — Sources (p. 254).	
DESSINS. — f ₁ . Ensemble, amont. — f ₂ . Une grande arche. — Coupes en long: f ₃ . Arche rive droite, - f ₄ . Culée rive gauche (p. 253). — Cintre marinier: f ₅ . Elévation, - f ₆ . Coupe en travers (p. 252).	
$PHOTOGRAPHIE \Phi_{i}$ - amont (p. 252).	
În r ^{te} (> 40 ^m) ⁴ . — Pont sur la Loire, à Orléans (FRANCE, - Loiret) (1904-1906)	255
TEXTE. — 1. Déclivités. — 2. Intrados. — 3. Épaisseur de la voûte (p. 255). — 4. Piles. — 5. Tympans. Couronnement. Aspect (p. 257). — 6. Dispositions pour permettre, sans fissures, les mouvements des tympans dus aux variations de température (p. 258). — 7. Pressions. — A. Dans les coûtes. — B. Dans une pile. — C. Sous la culée rive gauche. — 8. Cintres (p. 259). — 9. Fondations. — 10. Exécution des voûtes. — A. Dates. — B. Joints sees (p. 260). — C. Clavages. — D. Enlèvement des coffrages. — 11. Décintrement (p. 262). — 12. Dépenses. — 13. Personnel. — Sources (p. 264).	pac (27. P

VOÛTES INARTICULEES EN ARC TRÈS SURBAISSE À

(Suite)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE An rie (> 40m) (Suite)

Pages.

An rte (≥ 40m)4. — Pont sur la Loire, à Orléans (Suite).

DESSINS. — f_1 . Ensemble, aval. — f_2 . Une arche (p. 255). — f_3 . Coupe en long sur l'axe. — f_4 . Coupe en long de la culée rive gauche. — Demi-coupes en travers : f_8 . aux reins d'une voûte, — f_0 . à la clef. — Pile : f_7 . Élévation, — f_8 . Demi-plan par-dessus, — f_0 . Coupe horizontale, — f_{10} . Chaperon, — f_{11} . Cordon des petites piles. — Archivoltes : f_{12} . des grandes voûtes, — f_{13} . des voûtes d'évidement. — f_{14} . Couronnement (p. 256). — f_{16} . Détermination de l'épaisseur de la voûte (p. 255). — Armature des voûtes d'évidement : f_{10} . Coupes en long, — f_{17} . Coupe horizontale. — f_{18} , f_{16} . Coupes en travers (p. 258). — f_{20} . Cintres fixes. — f_{21} , f_{22} . Cintres mariniers. — f_{23} . Déformation du caisson de la culée rive droite (p. 260). — Exécution des voûtes : f_{24} , f_{28} . Coffrage ; f_{20} . Taquet (p. 261) ; — f_{27} , f_{28} , Clavage des joints sees (p. 262).

 $PHOTOGRAPHIES. = \Phi_{_1}$ - aval (p. 257). = $\Phi_{_2}$. Exécution d'une voûte (p. 261).

TEXTE. - 1. Personnel (p. 265). - 2. Sources (p. 266).

DESSINS. — f_i . Ensemble. — f_i . Grande voute. — f_i . Coupe on long (p. 265).

PHOTOGRAPHIE. — Φ_i (p. 266).

Anr^{te} (> 40m)⁶. — Pont sur la Freiwaldauer Biele, à Gross-Kunzendorf (Allemagne, - Silésie, - Cercle de Neisse)....... 20

TEXTE. - 1. Personnel. - Source (p. 267).

 $DESSINS. = f_4$. Ensemble. $= f_2$. Grande vonte. $= f_3$. Coupe en long. $= f_4$. Pilotis et armature d'une pile. $= f_6$. Coupe en travers à la clef. $= f_6$, f_7 . Couronnement (p. 267).

TEXTE. — 1. Matériaux. — 2. Quelques observations (p. 268). — 3. Dates. — 4. Personnel. — Sources (p. 269).

DESSINS. — f_4 . Ensemble des grandes arches, amont. — f_4 . Une des grandes arches. Cintre de l'arche centrale : f_4 . Élévation, – f_4 . Coupe en travers (p. 268).

PHOTOGRAPHIE. — Φ_{i} - aval (p. 269).

VOÛTES INARTICULEES EN ARC TRÈS SURBAISSE A

(Suite)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SERIE $\widehat{\overline{\mathbf{A}}}^{\mathbf{n}} \mathbf{r}^{te} (\geqslant 40^m)$ (Suite)

	Pages
An r ^{te} (≥ 40m)8. — Pont sur le Rhône, à Avignon (France, - Vaucluse) (1905-1909)	27
TEXTE. — 1. Principales dispositions et dimensions. — 2. Piles. — 3. Trottoirs en encorbellement (p. 270). — 4. Cintres. — 5. Fondations à l'air comprimé. — 6. Exécution des voûtes (p. 272). — 7. Tassement des cintres (p. 273). — 8. Dates d'exécution des voûtes. — Mouvements observés à chaque décintrement (p. 274). — 9. Dépenses. — 10. Personnel. — Sources (p. 275).	
DESSINS. — f ₁ . Ensemble, amont. — f ₂ . Une voûte. — f ₃ . Coupe en long. — f ₄ , f ₅ . Coupes en travers: à la clef d'une voûte, sur l'axe d'une pile. — f ₆ , f ₇ . Becs. — f ₈ . Cordon des piles (p. 271). — Cintres: f ₉ , f ₁₁ . Élévations, - f ₄₀ , f ₁₂ . Coupes en travers (p. 272). — Exécution des voûtes. Clavages: f ₁₃ , f ₁₄ . Bandeaux, - f ₁₅ , f ₁₆ . Corps (p. 273).	
PHOTOGRAPHIE. — Φ , (p. 270).	
An rte (> 40m)9. — Pont sur la Moselle, à Trittenheim (Allemagne, - Prusse-Rhénane) (1907-1908)	270
TEXTE. — 1. Matériaux. — 2. Quelques observations (p. 276). — 3. Aspect. — 4. Dates. — 5. Personnel. — Sources (p. 278).	
DESSINS. — f. Ensemble, amont. — f. Une grande voûte. — f. Coupe en long et cintre de l'arche rive droite (p. 277).	
PHOTOGRAPHIE. — Φ_{i} – amont (p. 276).	
$^{\hat{\mathbf{A}}}$ $\mathbf{r^{te}} \ (\geqslant 40^{\mathrm{m}})^{10}$. — Pont sur la Moselle, à Longuich (Allemagne, – Prusse-Rhénane) (1909-1911)	279
TEXTE. — 1. Cintres (p. 279). — 2. Dates. — 3. Personnel. — Sources (p. 281).	
DESSINS. — f ₄ . Ensemble, aval. — f ₂ . Les deux grandes voûtes, côté rive droite. — Coupes en long: f ₃ . Culée rive droite, — f ₄ . Pile centrale. — f ₅ . Coupe en travers, en avant d'une pile. — f ₆ . Bec (p. 280). — Cintre marinier: f ₇ . Élévation, — f ₅ . Coupe en travers. — Cintre fixe: f ₉ . Élévation, — f ₁₀ . Coupe en travers (p. 279).	
PHOTOGRAPHIE. — Φ_i - amont (p. 279).	

QUELQUES VOÛTES INARTICULÉES	110
QU'ON AURAIT, A TORT, CHERCHÉES AU LIVRE I FITRE I. — VOÛTES INARTICULÉES \gg 40 $^{\rm m}$ EN BÉTON PEU ARI	ΜÉ
P	284
l, — Pont sur la Delaware , près de Portland (États-Unis, – Pennsylvanie) (1909-1910)	289
TEXTE. — 1. Pile-culce en rivière (p. 289). — 2. Écoulement des eaux. — 3. Parements. — 4. Appui des voûtes biaises sur les piles. — 5. Culce Est. — 6. Cintres. — A. Voûtes de rive (p. 290). — B. Voûtes de 45 ^m 72. — B ₁ . Nombre de cintres. — B ₂ . Fermes. — B ₃ . Dispositif pour mettre les fermes à hauteur et pour décintrer (p. 291). — B ₄ . Travail permis. — B ₅ . — Tassements. — 7. Personnel. — A. Ouvrage. — B. Cintre. — Sources (p. 292).	
IDENSINS. — f ₁ . Ensemble. — Voûte n° 5 : f ₂ . Élévation, — f ₃ . Plan par-dessus, — f ₄ . Coupe horizontale (p. 289), — f ₅ . Demi-coupe en long, — f ₆ . Coupe en travers. — f ₇ . Culée Est. Coupe en travers (p. 290). — Cintre des voûtes de 45 ^m 72 : f ₈ . Élévation, — f ₆ . Appuis, — f ₁₀ . Appareil de manœuvre (p. 291).	
2. — Pont de la Monroe Street, sur le Spokane, à Spokane (États-Unis, – Washington) (1909-1911)	293
TEXTE. — 1. Deux ponts-jumeaux. — 2. Cintre (p. 293). — 3. Dates. — 4. Personnel (p. 290). — Sources (p. 297).	
 DESSINS. — f₁. Ensemble (p. 294). — f₂. Grande arche (p. 295). — f₃. Coupe en long. — f₄. Coupe horizontale. — f₅. Coupe en travers (p. 294). — Cintre: f₆. Elévation, — f₇. Coupe en travers (p. 296). PHOTOGRAPHIE. — Φ₁ - aval (p. 293). 	
3. — Pont sur la Bober, à Boberullersdorf (Prusse, - Silésie, Cercle de Hirschberg) (1908-1909)	298
TEXTE. — 1. Trottoirs. — 2. Parements vus. — 3. Joints de dilatation. — 4. Dates (p. 298). — 5. Personnel. — Sources (p. 299).	
DESSINS. — f_4 . Élévation. — f_5 . Coupe en long et cintre. — f_5 . Coupe en travers. — f_4 . Couronnement. — f_5 . Comment est armé le cerveau de la voûte. Plan. PHOTOGRAPHIE. — Φ_4 (p. 298).	
4. — Pont sur l'Alme, à Elsen (Prusse, - Cercle de Paderborn) 1909- 1911)	300
TEXTE. — 1. Joints de dilatation. — 2. Dates (p. 300). — 3. Personnel. — Sources (p 301).	
DESSINS. — f ₁ . Élévation. — f ₂ . Coupe en long. — f ₃ . Coupe en travers aux retombées. — Cintre : f ₄ . Élévation, - f ₅ . Coupe en travers (p. 300). PHOTOGRAPHIE. — Φ ₁ (p. 301).	
5. — Pont sur la Fulda, à Cassel (PRUSSE) (1909-1910)	302
TEXTE. — 1. Parements vus. — 2. Joints de dilatation. — 3. Dates. — 4. Personnel (p. 302). — Sources (p. 303).	
DESSINS. — f ₁ . Élévation. — f ₂ . Coupe en long. — f ₃ . Demi-coupes en travers, à la clef, aux retombées. — Cintre : f ₁ . Élévation, - f ₃ . Coupes en travers (p. 303). PHOTOGRAPHIE. — Φ ₁ (p. 302).	

QUELQUES	VOÛTES	INARTICULĖES
----------	--------	--------------

QU'ON AURAIT, A TORT, CHERCHÉES AU LIVRE I (Suite)

TITRE II. — VOÛTES INARTICULÉES $\geqslant 40^{\rm m}$ TOMBÉES PENDANT QU'ON LES CONSTRUISAIT

	Pages.
1. Pont de Marbre, à Pise (Italie) (indiqué sous toutes réserves). Arc de 72 ^m 389 (??), tombé en 1644	305
2. Pont de Mansart, sur l'Allier, à Moulins (Allier). Emporté en 1710.	
(Arche centrale: $44^{m}83$)	305
TEXTE (p. 305). — DESSINS. — f. Ensemble. — f. Grande arche (p. 306).	
3. Pont sur le Panaro, près de Modène (Italie). Arche de 49 ^m 376, tombée en 1789	307
4. Pont de Saint-Georges, sur le Liri (Italie). Voûte de 45 ^m tombée	
en 1873	307
TITRE III. — VOÛTES INARTICULÉES	
AUXQUELLES ON A ATTRIBUÉ A TORT 40 th de Portée ou P	LUS
III. A. — PONTS QUI EXISTENT, MAIS QUI N'ONT PAS 40ºº	
1. Pont Saint-Martin, sur le Tage, à Tolède (Espagne, - Nouvelle-Castille)	309
TEXTE (p. 309). — DESSIN. — Grande arche, amont (p. 310). — PHOTOGRA-PHIE. — Φ_i — amont (p. 309).	
2. Pont d'Orense, sur le Miño (Espagne, - Galice)	311
TEXTE (p. 312). — DESSIN. — f_i . Grande arche, aval (p. 311). — PHOTOGRA-PHIE. — Φ_i . Arches centrales, aval (p. 312).	
3. Pont du Diable, sur le Llobregat, à Martorell (Espagne, - Catalogne).	313
TEXTE (p. 313). — DESSIN. — f_i . Grande arche, aval (p. 314). — PHOTOGRA-PHIE. — Φ_i - aval (p. 313).	
4. Pont de Villeneuve d'Agen, sur le Lot (Lot-et-Garonne)	313
$TEXTE$ (p. 315). — $DESSIN$. — f_4 . Grande arche, amont (p. 315).	
III. B. — PONTS RUINĖS	
1. Pont sur la Nera, près de Narni (Italie, - Ombrie)	31'
2. Pont de Trajan, sur le Danube (Hongrie)	31
3. Pont de Justinien, sur le fleuve Sangaris (Asie-Mineure)	313

319

LIVRE II. — CE QUE L'EXPÉRIENCE ENSEIGNE DE SPÉCIAL AUX VOÛTES INARTICULÉES

TITRE I. - COMMENT ON TRACE UNE VOÛTE

	Pages.
CHAPITRE I. — PREMIÈRES INDICATIONS	323
CHAPITRE II. — COURBES D'INTRADOS	
§ 1. — PLEIN CINTRE C	324
§ 2. — COURBES ELLIPTIQUES SURBAISSÉES E.	
Art. 1. — Ause de panier.	
A Definition	324
B Traces d'anses de panier.	
$B_1 - \dot{\alpha} \ \beta \ centres$:	
1º On se donne le 1º anyle 0,	324
2º On se donne le 1º rayon r ₁	325
B_{\star} – \dot{a} plus de 3 centres	326
C Emploi	327
Art. 2. — Ellipse	328
Art. 3. — Courbe parallèle à l'ellipse	329
Art. 4. — Ellipse déformée, en ajoutant à ses ordonnées, ou en en retranchant, la différence a entre celles d'un arc et d'une ellipse auxiliaires.	
A en ajoutant a (Courbes intérieures à l'ellipse)	330
B en retranchant & (Courbes extérieures à l'ellipse)	331
Art. 5. — Projection de chaînette	331
Art. 6 Développante de cercle	332
Art. 7. — Cycloïde. — Projection de cycloïde	333
Art. 8. — Courbes elliptiques composées de 2 courbes :	
A Arc de cercle au ceroeau, parabole uux reins	333
B Are d'ellipse au cerveau, arc de cercle aux reins	334
C. – 2 paraboles tangentes à l'ellipse au sommet et aux naissances	334
	335
§ 3. — COURBES ELLIPTIQUES SURHAUSSEES \boldsymbol{E}_{h}	000
§ 4. – ARCS SURBAISSÉS A .	
Art. 1. — Arc de cerele	335
Art. 2. — Arc d'ellipse	330
Art. 3. — Arc d'anse de panier	336
Art. 4. — Arc de la courbe $y = b' \left(1 - \sqrt[n]{1 - \frac{x^2}{a'^2}} \right)$	330
Art. 5. — Parabole $y = Ax^2 + Bx^4 + Cx_1^6 + \dots$	337
Art. 6 Courbe pour remplacer pratiquement une projection de chainette,	
$y = \frac{b(n^2 - a^2)}{a^2} \times \frac{x^2}{n^2 - x^2} \dots$	
$n^2 - x^2$ $n^2 - x^2$	6363
L - C - T - A no do gondo cambro on retranchant antende chose de chaque of donnec	

TITRE I. - COMMENT ON TRACE UNE VOÛTE (Suite)

§ 5. — OGIVES O .	Pages.
Art. 1. — Ogive surhaussée	339
Art. 2. — Ogive surbaissée	339
Art. 3. — Arcs brisės	340
CHAPITRE III. — EPAISSEUR D'UNE VOÛTE	
§ 1. — ÉPAISSEUR A LA CLEF e ₀ .	
Art. 1. — Graphiques de c_0 en fonction de la portée $2a$ et du surbaissement $\sigma = \frac{b}{2a} \cdots$	341
Art. 2. — Pour une voute donnée, il y a une valeur de e_{\circ} qu'on n'a pas intérêt à dépasser.	341
Art. 3. — Depuis le milieu du xvine siècle, on réduit constamment le rapport : $\frac{e_0$ (épaisseur)}{2 a (portée)	342
Art. 4. — Quelques formules empiriques de c_0 (Perronet, Dupuit, Croizette-Desnoyers).	342
Art. 5. — Formule empirique proposée: $e_0 = \alpha \left(1 + \sqrt{2 a} \right) \mu \dots$	343
§ 2. — ÉPAISSEUR AUX REINS θ_i .	
EXTRADOS CACHÉ PAR DES TYMPANS PLEINS $e_1 = \lambda e_0$	
Art. 1. — Formules empiriques proposées pour 1	344
Art. 2. — Épaisseur e_i définie par la condition que sa projection verticale soit e_0,\ldots	344
§ 3. — CE QUE VALENT LES FORMULES EMPIRIQUES PROPOSÉES POUR e_0 & e_1 . § 4. — EXTRADOS DU CORPS DES VOÛTES.	345
Art. 1. — Règle	345
jection verticale constante $e=rac{e_{o}}{\cos \alpha}$.	
1º Ellipse. 2º Arc de cercle	346
CHAPITRE IV — BANDEAUX	
§ I. — BANDEAUX SOUS TYMPANS PLEINS.	
Art. 1. — Réduction des épaisseurs par rapport au corps de la voute	347
A. L'intrados est, aux naissances, tangent à 2 piles, ou à 2 culées, ou à une pile et une culée	347
B. L'extrados est une demi-courbe complète	348
Art. 4. — Arcs	349
2. — BANDEAUX SOUS TYMPANS TRAVERSĖS PAR DES EVIDEMENTS APPARENTS.	
Art. 1. — Épaisseurs	349
Ant 9 Court as	050

TITRE II. — COMMENT ON CALCULE LES EFFORTS DANS LES GRANDES VOÛTES HYPOTHÈSE ÉLASTIQUE

CHAPITRE I. — COMMENT ON DETERMINE, POUR UNE SECTION QUELCONQUE, L'EFFORT NORMAL ET LE COUPLE DE FLEXION

§ 1. — COMPOSANTES DE L'EFFORT TOTAL SUR UNE SECTION. — COUPLE DE FLEXION.	Pages.
Art. 1. — Effort normal à la section N. — Effort tranchant T. — Couple de flexion Nu Art. 2. — Poussée horizontale H	351 352
§ 2. — SI ON CONNAIT LA RÉACTION D'UN APPUI, ON PEUT, POUR CHAQUE SECTION, CALCULER OU CONSTRUIRE L'EFFORT NORMAL N, ET SON BRAS DE LEVIER u	352
§ 3. — COMMENT ON DÉTERMINE LA RÉACTION D'UN APPUI.	
 Art. 1. — La Statique ne donne que 3 équations pour 6 inconnues Art. 2. — Hypothèses proposées pour avoir 3 autres équations, en supposant les voussoirs indéformables. 	353
A. Hypothëse de Navier B. Méthode de Méry	353 354
Art. 3. — Si les voussoirs sont élastiques (élastiques comme l'entend la Résistance des matériaux), on leur peut appliquer les 3 équations « de déformation ».	
A. – La pierre est beaucoup plus déformable que l'avier B. – Hypothèses de la Résistance des matériaux.	355
B ₄ . — Hypothèse de Hooke	355 356
C. – Equations de déformation	356 358
tympans	358
CHAPITRE II. — ON CONNAIT L'EFFORT TOTAL N SUR UNE SECTION, SA DISTANCE u AU CENTRE DE GRAVITÉ. COMMENT N SE DISTRIBUE-T-IL SUR LA SECTION ? EFFORTS PAR UNITÉ EN CHAQUE POINT.	
§ 1. — FORMULES.	359
§ 2. — REPRÉSENTATION GRAPHIQUE.	
Art. 1. — Le centre de pression U est dans le noyau central $\left(n < \frac{e}{6}\right)$ (Règle du trapèze)	359
Art. 2. — Le centre de pression U est à la limite du noyau central $\left(u = \frac{e}{6}\right)$. 360
Art. 3. — Le centre de pression ${f U}$ est hors du noyau central $\left(u>rac{c}{6} ight)$	
A. Si la maçonnerie pouvait travailler à la tension	360 360

TITRE III. - RELATION ENTRE LES CHARGES ET LA FORME DE LA VOÛTE

CHAPITRE I. - ON DOIT TRACER LA FIBRE MOYENNE DE FAÇON QUE LES COURBES DE PRESSION S'EN ÉCARTENT LE MOINS POSSIBLE

CHAPITRE II CAS D'UNE VOUTE INFINIMENT MINCE	
RELATION ENTRE: D'UNE PART, LA FORME D'UNE VOUTE INFINIMENT MINCE, INCOMPRESSIBLE, DO CHAQUE ÉLÉMENT S'ORIENTE SUIVANT LA RÉSULTANTE DES FORCES QUI I SONT APPLIQUÉES, C-A-D UNE COURBE FUNICULAIRE DES CHARGES; D'AUTRE PART, UNE LIGNE LIMITANT LES CHARGES VERTICALES COMPTÉES PARTIR DE LA VOÛTE, DITE LIGNE DE CHARGE.	LU
§ 1. — PRÉLIMINAIRES.	
Art. 1. — Rappel de la notion des courbes funiculaires	 e
§ 2. — DE LA FIBRE MOYENNE, DEDUIRE LA LIGNE DE CHARGE, C-A	-D

Pages.

§ 2. — DE LA FIBRE MOYENNE, DÉDUIRE LA LIGNE DE CHARGE, C-A-D, . COMMENT FAUT-IL CHARGER UNE VOÛTE POUR QU'ELLE SOIT UNE COURBE FUNICULAIRE DES CHARGES ?	
Art. 1. — Plein cintre. — Ellipse	364
Art. 2. — Arc de cercle. — Arc d'ellipse	36
Art. 3. — Parabole.	36
Art. 4. — Projection de chaînette	36
Art. 5. — Courbe pouvant remplacer une projection de chaînette : $y = \frac{m x^2}{n^2 - x^2}$	36
	36

CHAPITRE III. - VOÛTE D'ÉPAISSEUR FINIE SOUMISE A DES CHARGES OU SURCHARGES CONTINUES.

DISPOSITIONS DES CHARGES.....

RECHERCHE PAR LE CALCUL DE LA FORME A LUI DONNER POUR QUE LE TRAVAIL MAXIMUM Y DÉPASSE PEU LE TRAVAIL MOYEN, C-A-D POUR QUE LES COURBES DE PRESSION S'ÉCARTENT PEU

		DE LA FIBRE MOYENNE.
s 1	i. —	HYPOTHESES ADMISES
§ 2	2. —	METHODE DE/M. TOURTAY
8.3	3. —	METHODE DE M. LEGAY
§ 4	£. —	METHODE DE TOLKMITT
Ś: E	5. —	OBSERVATIONS SUR TOUTES CES METHODES

RELATION ENTRE LES CHARGES ET LA FORME DE LA VOÛTE (Suite)

CHAPITRE IV. — UN ARC EST DIT ÉLASTIQUE
QUAND LES DÉFORMATIONS Y SONT PROPORTIONNELLES AUX EFFORTS
(Hypothèse de Hooke),

ET QU'UNE SECTION PLANE RESTE PLANE APRÈS FLEXION (Hypothèse de Navier).

DANS QUELLES LIMITES EST-CE VRAI POUR LES VOÛTES, ET A-T-ON LE DROIT DE LES CALCULER COMME ÉLASTIQUES?

§ 1. — EXPÉRIENCES DE LABORATOIRE.	Pages.
POUR LES VOÛTES EN PIERRE, IL N'Y A PAS, A PROPREMENT PARLER, DE COEFFI- CIENT D'ÉLASTICITÉ, C-A-D QUE, POUR ELLES, L'HYPOTHÈSE DE HOOKE ENT FAUSSE	372
\$ 2. EXPÉRIENCES SUR DES VOÛTES.	· ·
Art. 1. — Arceau d'essai de Vassy (arc de 31-05 à 1/10.37), en moellons ordinaires dressés en coupe, mortier de ciment) (1845-1846). — Épreuves au choc (30 mai 1846)	375
Art. 2. — Expérience faite dans les carrières de Souppes (Seine-et-Marne) (1865-66) (arc de 370886 au 1/18°, de 3"50 de largeur).	
A. Voilte B. Essais	375 376
	376
Art. 3. — Observations aux ponts de Lavaur et Antoinette, et au pont de Morbegno	310
Art. 4 Expériences de l'Association des Ingénieurs et Architectes autrichiens (1890-1891).	956
A Voiltes essayées	376 377
B. — Conclusions de M. le Professeur Brick	377
C. — Ce qu'il faut retenir	
Art. 5. — Insuffisance des observations faites sur les voûtes	378
§ 3. QUELQUES AUTRES INDICATIONS DE L'ÉLASTICITÉ DES MAÇONNERIES.	O#1
Ant 1 - Chute des arches du pont de Vernon	378
Art 2. — Oscillation des phares sous les coups de vent	378
Art. 3. — Évasement du haut des nefs des cathédrales	379
Art. 1. — Courbure élastique des piles IV et III du viaduc sur la Sitter	37
8 4. — CONCLUSIONS. JUSQU'A CE QU'ON EN AIT UNE MEILLEURE POUR CALCULER LE TRAVAIL DES	0.0
JUSQU'A CE QU'ON EN AIT UNE MINEBEROUTS, L'HYPOTHÈSE ÉLASTIQUE	38

ANNEXE

ERRATA

DU TOME III

Page 124, 1re ligne:

au lieu de : Tlinthe, lire Plinthe.

35

Voir aussi l'Errata général, à la fin du Tome V.

STATESONSON STATES THAN TO STATES OF